Richter, Heinrich

Leichtfaßliche Elementar-Naturlehre für den Schul- und Selbstunterricht

Nördlingen 1852

Leichtfaßliche

Elementar-Naturlehre

für den

Schul- und Selbstunterricht

von

Heinrich Richter.

Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 5 lithographirten Tafeln.

Nördlingen.
Druck und Verlag der C. H. Beck'schen Buchhandlung.
1852.

Vorrede.

Zunächst aus dem Bedürfnisse hervorgegangen, meinen Schülern (Mädchen von 11—16 Jahren) ein Mittel zur Wiederholung und Einprägung des in den Lehrstunden Gehörten in die Hand zu geben; daher auch ursprünglich nur für diesen Zweck berechnet: hat dieses Büchlein doch eine solche Verbreitung gefunden, daß schon vor Ablauf des dritten Jahres diese neue Auflage nöthig wurde. Ich habe darin die Verpflichtung erkannt, den Lehrstoff so zu erweitern und zu vervollständigen, daß das Büchlein auch weitergehenden Ansprüchen genügen könne. Daß es für alle Anstalten, an denen es nun die nämlichen Dienste übernehmen will, gerade das rechte Maaß enthalte: wer wird das erwarten? Ich ließ mich hier von der Ansicht leiten, daß es weniger störend sei, bei beschränkterer Zeit auszulaßen, als wenn man genöthigt wäre, durch Dictiren 2c. zu ergänzen. Dadurch ist es freilich von 8 auf 14 Bogen gewachsen, und ich muß es dem Herrn Verleger Dank wißen, daß er trotz dieses bedeutenden Mehraufwandes den niedrigen Preis des Buches beibehalten hat. Dafür wird es wohl nun auch in den Fällen als brauchbarer Führer gewählt werden können, wo die schwierige Aufgabe gelöst werden soll, Physik ohne Beihülfe der Mathematik zu lehren und zu lernen.

Dr. Crüger hat in seinem trefflichen Büchlein „die Physik in der Volksschule" gezeigt, was die Volksschule in der Naturlehre etwa thun kann. Daß dieses Buch einen andern Zweck hat, und daher auch eine andere Einrichtung fordert, ist wohl auf den ersten Blick klar. Ich wollte von der Anordnung der wißenschaftlichen Lehrbücher keine wesentlichen Abweichungen machen,

einerseits weil dies Buch auf jene vorbereiten soll, andererseits weil ich glaube, daß dem Lehrling um der Wißenschaft willen schon eine Anstrengung zugemuthet werden darf. Besteht aber das Wesen der elementaren Methode darin, daß man von der Erscheinung ausgeht und das Gesetz daraus ableitet; daß man den Stoff, vom Leichteren zum Schwereren, vom Einfachen zum Zusammengesetzten, vom mehr Greifbaren zum mehr verborgen Wirkenden fortschreitend, anordnet: dann wird wohl kein Leser in diesem Büchlein Methode vermissen. Und eben um der methodischen Ansprüche willen kann ich nicht, wie einige neuere Methodiker der Physik gethan haben, mit Magnetismus oder Elektricität beginnen, sondern muß die „hergebrachte" Anordnung beibehalten.

Mit größtem Danke muß ich eines Freundes erwähnen, der mir bei Umarbeitung, Vervollständigung und Berichtigung dieser Auflage behülflich war, und ich kann nur bedauern, daß seine Bescheidenheit mir verboten hat, seinen Namen hier zu nennen. Möge es uns Beiden gelungen sein, dem Büchlein die Haltung und Richtung zu geben, in welcher allein es geeignet ist, einerseits die Einsicht in die Gesetze der Natur zu erzeugen, welche mit klarem Bewußtsein spricht: Herr, wie sind deine Werke so groß und viel; du hast sie alle weislich geordnet, und die Erde ist voll deiner Güte; — andererseits die Demuth hervorzurufen, welche Menschenwißen und Gottesgesetze (Hiob 8, 9. Weisheit 11, 22. 1. Cor. 13, 9. 10) gehörig auseinanderzuhalten weiß.

Augsburg im Januar 1852.

Der Verfaßer.

Systematisches Inhaltsverzeichnis.

Alphabetisches Verzeichnis.

(Die beigesetzten Zahlen bedeuten die Seiten des Buches.)

Einleitung.

Das Wort Natur bezeichnet die Gesammtheit dessen, was wir mit den Sinnen auf mittelbare oder unmittelbare Weise ergründen und wahrnehmen können. Naturwißenschaft ist demnach die Summe unseres Wißens über die Thätigkeiten und Verhältnisse der Natur, wie wir dieselben aus Beobachtungen, Erfahrungen, Begriffen, Meinungen und Wahrheiten ableiten. Wenden wir unsere Aufmerksamkeit hauptsächlich auf die Merkmale der Naturkörper, auf ihre Organe und deren Bestimmung, so entsteht die Naturgeschichte. Suchen wir die Gesetze zu erforschen, welche den Eigenschaften, Kräften und Wirkungen der Körper zu Grunde liegen, ohne auf innere Veränderungen in denselben Rücksicht zu nehmen, so gelangen wir zur Naturlehre oder Physik. Beschäftigen wir uns mit denjenigen Erscheinungen der Körper, welche eine Folge der Veränderung ihrer Bestandtheile sind, so kommen wir zur Chemie. Erforschen wir endlich, wie die in der Physik und Chemie abgehandelten Vorgänge unter der Botmäßigkeit des höchst räthselhaften Lebensprincips in der organischen Natur (thierischen und Pflanzenkörpern) wirken, so befinden wir uns auf dem Gebiete der Physiologie.

Die Physik schöpft ihre Lehren zunächst aus der Beobachtung der in der Körperwelt von selbst vorgehenden Veränderungen; diese heißen Naturerscheinungen oder Phänomene. Wo die Natur dieselben nicht selbst herbeiführt, kann sie in vielen Fällen der Mensch auf künstliche Weise hervorbringen; das nennt man Versuch oder Experiment. Die Werkzeuge, welche man dazu nöthig hat, heißt man physikalischen Apparat.

Eine und dieselbe Naturerscheinung erfolgt immer aus einer und derselben Veranlassung. Dieser stetige Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung führt auf die Erkenntnis der Naturgesetze. Wer für eine Erscheinung das Gesetz angibt, nach welchem sie erfolgt, der erklärt sie. Wo eine Erklärung nach den bis jetzt bekannten Erfahrungen und Beobachtungen nicht möglich ist, stellt die Naturlehre vermuthete Gesetze auf, welche den Naturgesetzen ähnlich sind. Diese nennt man Hypothesen.

Erster Abschnitt.

Uebereinstimmung der Körper.

---

§. 1. Ausdehnung.

Jeder Körper nimmt einen Raum ein, d. h. er hat Ausdehnung. Die Ausdehnung ist dreifach: nach Länge, Breite und Dicke. Mit der Ausdehnung zugleich müßen wir uns Grenzen denken, sonst wäre der Körper formlos. Die Art der Begrenzung heißt Gestalt, Form. Regelmäßige Form haben die Krystalle; symmetrische Gestalt bewundern wir hauptsächlich an organischen Naturkörpern (namentlich z. B. am Staub der Schmetterlingsflügel, an den Augendecken mancher Insekten, am Querschnitt vieler Pflanzentheile). — Je mehr Raum ein Körper einnimmt, desto größer ist sein Volumen.

Ein Beispiel sehr großer Raumerfüllung ist die Sonne. Alle 16 Planeten zusammengenommen machen nahezu den 600sten Theil ihres Volumens aus. Wäre die Sonne hohl, so fände nicht nur die Erde in ihr Platz, sondern auch der Mond könnte sich innerhalb der Sonne um die Erde herumbewegen, ohne von seinen 54000 Meilen Entfernung von der Erde etwas einbüßen zu müßen. — Beispiele von geringstem Volumen gewähren die Infusorien, von denen manche 1000 Millionen mal kleiner sind, als ein Sandkorn, die aber doch alle noch Werkzeuge der Ernährung, Bewegung und Fortpflanzung haben.

§. 2. Undurchdringlichkeit.

Es ist nicht möglich, Waßer durch einen Trichter in eine Flasche zu gießen, wenn die in der Flasche enthaltene Luft nicht ausweichen kann. Die Taucherglocke kann man bis zu 200 Fuß unter die Oberfläche des Meeres hinablaßen, ohne daß das Waßer weit in dieselbe eindringt. Wenn man ein Trinkglas umgekehrt ins Waßer drückt, so füllt sich dasselbe nur sehr wenig mit Waßer. Wo Luft ist, kann nicht zugleich Waßer sein. — Wenn man einen festen Körper, der mit dem Waßer keine chemische Verbindung von kleinerem Gesammtvolumen eingeht, in ein mit Waßer ganz gefülltes Gefäß senkt, so läuft ein Theil des Waßers ab. Wo der feste Körper ist, kann das Waßer nicht zugleich sein. — Ueberhaupt: den Raum, welchen ein Körper einnimmt, kann nicht zugleich ein anderer Körper einnehmen. Diese allgemeine Eigenschaft bezeichnet man mit dem Worte Undurchdringlichkeit.

Wenn wir uns in der Luft bewegen, wenn der Fisch im Waßer schwimmt, wenn man den Finger in Waßer taucht, oder einen Nagel in die Wand schlägt, so wird die Luft, das Waßer, die Wand nicht durchdrungen, sondern Theile derselben verdrängt, zum Ausweichen gezwungen.

§. 3. Porosität.

Bimsstein, Brod, Schwamm u. dgl. zeigen schon dem bloßen Auge, daß nicht ihr ganzes Volumen auch wirklich durch ihre Masse (die Gesammtheit ihrer Theilchen) erfüllt ist; Seife, Holz, Papier ꝛc. laßen das Nämliche wahrnehmen, wenn man sie unter einfachen Vergrößerungsgläsern betrachtet; der Querschnitt eines Knochens erscheint unter dem Vergrößerungsglase wie eine Honigscheibe. Läßt man Kochsalz, Zucker ꝛc. in Waßer zergehen, so nimmt die Auflösung keinen um so viel größeren Raum ein, als das aufgelöste Stück beträgt. Marmor läßt den Firniß, an der Oberfläche rauhes Glas läßt Oel ꝛc. eindringen. Der Hydrophan, ein Mineral, welches zum Kieselgeschlecht gehört, ist im gewöhnlichen Zustande nur durchscheinend; taucht man ihn kurze Zeit in Waßer ein, so wird er

durchsichtig wie Glas. Metalle laßen sich zusammenpressen. Quecksilber läßt sich durch Leder drücken. Waßer und Quecksilber dringen durch den Boden eines hölzernen Bechers, wenn der Raum darunter luftleer ist. — Alle diese Wahrnehmungen und Erscheinungen beweisen, daß die Körper den Raum, welchen sie einzunehmen scheinen nicht ganz erfüllen. Die von der Masse eines Körpers nicht selbst erfüllten Räume heißen Poren, und die bemerkte Eigenschaft heißt Porosität. — Die menschliche Haut hat auf einem Quadratzolle eine Million Poren.

§. 4. Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit.

Wenn man eine enghalsige Flasche mit Waßer füllt und erwärmt, so nimmt das Waßer einen größeren Raum ein. Hält man eine zugebundene thierische Blase, welche nur schlaff mit Luft gefüllt ist, in die Nähe eines geheizten Ofens, so wird sie bald gespannt voll erscheinen. Eine eiserne Kugel, welche bei gewöhnlicher Temperatur in einen Ring genau paßt, geht erwärmt nicht mehr durch. Die Körper laßen sich ausdehnen.

Gemünztes Metall hat an Volumen verloren, indem es durch einen heftigen Stoß sein Gepräge erhalten hat. Luft läßt sich auf den 100sten Theil ihres gewöhnlichen Volumens zusammendrücken (Windbüchse). Die Körper laßen sich zusammendrücken. — Werden Gase zusammengesetzter Körper einem genügend starken Drucke unterworfen, so kommen die Theilchen der Materie, aus welchen sie besteht, einander so nahe, daß sie unter solchem Drucke eine tropfbare Flüßigkeit bilden; kehren aber nach Beseitigung des Druckes mit Heftigkeit in den alten Zustand zurück. In diesem, wie in allen andern Fällen der Zusammendrückung, wird die Wärme, welche die Theilchen auseinander hielt, herausgetrieben, wodurch die Gefäße, in welchen der Vorgang stattfindet, bedeutend erhitzt werden. — Die Ausdehnung geschieht durch Wärme und durch Abnahme des Druckes; die Zusammendrückung durch mechanische Gewalt oder durch Entziehung der Wärme.

§. 5. Theilbarkeit.

a) Ein Dukaten gibt 2000 Quadratzoll Goldblättchen. Gold läßt sich so dünn hämmern, daß es durchscheinend wird. — b) Eine silberne Stange von 1¼ Zoll Dicke und 22 Zoll Länge, mit 1 bis 2 Loth Gold überzogen, gibt einen Draht von 60 bis 70 Meilen Länge, der noch überall vergoldet ist. Platin läßt sich zu Draht ziehen von $\frac{1}{30000}$ Zoll Dicke, welcher nur durch Glühen sichtbar gemacht werden kann, wenn man einen dicken Platindraht mit Silber umgießt, diesen Körper zu dünnem Draht auszieht und das Silber durch siedende Salpetersäure auflöst. 1 ℔ Baumwolle hat man zu einem Faden von 40 Meilen Länge gesponnen. Man hat Mousselin gewebt, von welchem 30 Ellen in eine gewöhnliche Dose giengen. — c) Ein Gran Carmin färbt 20 ℔ Waßer merklich roth. Mit 1 Unze Cochenille kann man 10 Unzen Seide hinreichend röthen. (10 Unzen Seide = 150,000 Fäden, von denen jeder aus ungefähr 50 Coconfäden besteht). Der dünnste Theil einer Seifenblase, die gleichsam eine dünne Schale aus Waßer und Seife ist, übersteigt an Dicke nicht den 2½ Milliontels-Theil eines Zolles. — d) Moschus. Duft der Blumen. Die Ausdünstung von Menschen und Thieren.

Alle Körper sind theilbar. Die Zertheilung geschieht, nach der besondern Beschaffenheit der Körper, auf verschiedene Weise: durch Hämmern, Dehnen und Ziehen (a u. b); durch Auflösen in Waßer, Weingeist 2c. (c); durch Verdunsten (d); durch Zerbrechen, Zerschneiden, Zerstoßen u. dgl. Die Theilbarkeit hat ihre Grenze. Die Theilchen, welche wir uns als nicht mehr zerlegbar vorstellen, heißt man Atome.

Zweiter Abschnitt.

Verschiedenheit der Körper.

---

a) Aeußere Verschiedenheit der Körper.

§. 6. Specifisches und relatives Gewicht.

Beinahe alle Körper haben bei gleichem Rauminhalte ungleiches Gewicht. Darauf gründet sich die Vorstellung von ihrer Dichte. Von zwei Körpern, welche gleichen Rauminhalt haben, nennt man den schwereren den dichteren. Feste und tropfbare Körper vergleicht man in Beziehung auf ihre Dichte mit dem Waßer. Wenn man z. B. sagt: Die Dichte des Kupfers ist 9, so heißt dies: 9 ℔ Kupfer nehmen einen eben so großen Raum ein, als 1 ℔ Waßer. Gase vergleicht man in Beziehung auf ihre Dichte mit der atmosphärischen Luft, wobei aber jedesmal die Temperatur und der Druck der Luft anzugeben ist. Die Zahl, welche sagt, wie vielmal ein Körper dichter oder weniger dicht ist, als Waßer oder Luft, ist das specifische Gewicht des Körpers. Das absolute Gewicht wird durch Abwägen gefunden. — Nimmt man das absolute Gewicht eines Kubikfußes Waßer zu $44^2/_5$ ℔ bayr. an, so ist das absolute Gewicht eines Kubikfußes Kupfer $9 \times 44^2/_5 = 399^3/_5$ ℔. Ist das specifische Gewicht und das Volumen eines festen Körpers bekannt, so läßt sich schon daraus das absolute Gewicht bestimmen, — und man ermittelt auf diese Weise das Gewicht von Baumaterialien und andern Dingen, welche nicht auf Wagschalen gewogen werden können.

§. 7. Die Aggregatzustände.

Nach §. 4 hängt der Zustand der Körper, wie wir sie auf der Erde wahrnehmen, von dem Drucke und der Temperatur der Atmosphäre ab. Würden diese verändert, so würden wir viele Körper in anderem Zustande antreffen. Hat ein Körper unter den gewöhnlichen Verhältnissen von Druck und Wärme ein unveränderliches Volumen und eine selbst-

ständige Gestalt, weil die Theilchen sich nicht leicht verschieben laßen, so nennen wir ihn fest. Ist eines Körpers Volumen in dem nämlichen Sinne unveränderlich, laßen sich aber zugleich die Theile desselben so leicht verschieben, daß der Körper keine selbstständige Gestalt behauptet, sondern stets die Gestalt des Raumes annimmt, in welchem er sich befindet, so nennen wir ihn flüßig. Hat ein Körper weder selbstständige Form, noch bestimmtes Volumen, so daß der Raum, den er einnimmt, einzig und allein von Temperatur und äußerem Drucke abhängt, so nennen wir ihn gasförmig. Diese drei Zustände der Körper nennt man die Aggregatzustände. Sie sind durchaus nicht bleibend, sondern ein und derselbe Körper ist bei entsprechender Veränderung des atmosphärischen Druckes und der Temperatur sämmtlicher Aggregatzustände fähig, ohne seine Zusammensetzung zu ändern (z. B. Eis, Waßer, Dampf).

§. 8. Weiche, Härte.

Körper, welche wenig Widerstand leisten, wenn man ihnen eine andere Gestalt geben will, heißen weich; diejenigen, welche bedeutenden Widerstand leisten, hart. Die härtesten Körper sind Iridium und Diamant. Die Härte hängt weniger von der Dichte des Stoffes ab, als von der Kraft, mit welcher die Theilchen eines Körpers zusammenhängen oder ihre Stelle behaupten. Plötzlich abgekühlter Stahl ist härter, als Glas; langsam abgekühlter ist weich und biegsam.

§. 9. Elasticität, Dehnbarkeit, Biegsamkeit, Sprödigkeit.

Federharz, gehärteter Stahl, Elfenbein, Fischbein ꝛc. nehmen, wenn man ihre ursprüngliche Gestalt durch Druck u. dgl. verändert, dieselbe sogleich wieder an, sobald der Druck nachläßt. Eine Billardkugel, auf eine geschwärzte Marmortafel geworfen, bekommt einen viel größern schwarzen Flecken, als man vermöge der Kugelgestalt vermuthen sollte. Der Bogen einer Armbrust nimmt mit großer Gewalt seine vorige Lage wieder ein, sobald die Sehne losgelaßen wird. Die Kraft, womit die in der Windbüchse auf den 100sten Theil ihres Umfanges zu-

sammengepreßte Luft ihren vorigen Raum wieder einnimmt, bewirkt die Forttreibung des Geschoßes. — Alle solche Körper, welche ihre vorige Ausdehnung und Gestalt schnell wieder annehmen, sobald sie nicht mehr daran gehindert werden, heißen gemeinhin und vorzugsweise elastisch. Nothwendige Voraussetzung ist dabei, daß die dehnende oder zusammendrückende Kraft nicht so groß war, daß sie den innern Bau der Körper verändern konnte. Die zuläßige Größe der Formänderung, unbeschadet der Elasticität, ist für jeden Körper verschieden. Die Elasticität der Körper findet ihre Anwendung z. B. bei den Federn an Thür- und Flintenschlößern, an den Kutschen, an den Waggons und Locomotiven auf Eisenbahnen, bei Taschenuhren, bei Polstern; bei den Schreibfedern u. s. w. Blei, Zinn, Gold laßen sich durch Schlagen sehr dehnen; Platin, Silber, Eisen durch den Zug. Alle Körper, welche eine Formänderung erleiden, ohne den Zusammenhang aufzugeben, heißen dehnbar. An sich sehr dehnbar ist die thierische Haut.

Metallsaiten, Fischbein, dünne Zinn- und Bleiplatten, Weidenruthen 2c. laßen ihre Theile nach verschiedenen Richtungen wenden, ohne zu zerreißen oder zu zerbrechen. Solche Körper heißen biegsam.

Bologneser Fläschchen, Glasthränen laßen ihre Gestalt nur höchst wenig ändern, ohne daß sich die Theile trennen. Solche Körper nennt man spröd. Die Theilchen an der Oberfläche der Glasthränen scheinen durch die plötzliche Abkühlung einander so nahe gebracht zu sein, daß sie sich stärker anziehen, als die Theilchen im Innern. Diese werden durch jene wie durch ein sehr straff darüber gespanntes Netz zusammengehalten und entfernen sich vermöge ihrer Elasticität mit Heftigkeit von einander, sobald dieses an irgend einer Stelle zerreißt. Champagnerflaschen zerspringen, wenn man sie mit Waßer füllt und eine Glasthräne darin zerstößt.

Das Glas ist schon deswegen, weil Kiesel einer seiner Hauptbestandtheile ist, spröde. Die Sprödigkeit nimmt durch rasche Abkühlung des Glases noch zu. Man kann daher Glasgefäße dadurch dauerhafter machen, daß man sie in Waßer siedet und mit dem

Waßer langsam erkalten läßt. Ebenso benimmt man dem Stahl seine Sprödigkeit, indem man ihn gelinde erwärmt und langsam erkalten läßt d. i. „anläßt.“

§. 10. Cohäsion.

Muschenbroek hängte vierkantige Stäbchen von 2 Linien Querschnitt aus verschiedenen Metallen und Holzarten senkrecht auf und beschwerte sie am untern Ende, bis sie rißen. Dazu erforderte: weiches Blei 25, Zink 80, englisches Zinn 150, gegoßenes Kupfer 570, fein Gold 580, gehämmertes Kupfer 1060, fein Silber 1160, deutsches Grobeisen 1300, deutsches Feineisen 1600, Eisendraht 2800; — Eichenholz 288, Buchen 320, Tannen 344, Eschen 480 ℔. — Dieser Widerstand, welchen die Körper der Trennung ihrer Theile beim Zerreißen entgegensetzen, heißt die absolute Festigkeit. Die Größe derselben nimmt bei sonst gleichen Verhältnissen mit ihrer Dicke, ab und zu. Sie ist bei Seilen, Stricken ꝛc. hauptsächlich in Betracht zu ziehen. — Der Faden, den eine Seidenraupe spinnt und deren 50 man zu einem gewöhnlichen Seidenfaden braucht, trägt 1⅓ Quint, ein Menschenhaar 8 Loth; ein Seidenfaden trägt 3mal so viel als ein leinener Faden von gleicher Dicke. Schlauchförmig gewobene Seile sind fester, als gedrehte. Stricke aus feinem Faden und wenig gedreht, zeigen mehr Festigkeit, als Stricke aus grobem Faden (in dem die fehlerhaften kurzen Fasern nicht durch Hecheln entfernt sind) und mehr gedreht, als zur genauen gegenseitigen Berührung der Fasern nöthig ist. (Wenn man einen gut gedrehten hanfenen Strick, der 620 ℔ trägt, durch weiteres Drehen um den vierten Theil seiner Länge verkürzt, so trägt er nur noch 410 ℔, d. i. ungefähr ⅔ des vorigen Gewichts). Ein Seil, aus Eisendrähten gewunden, trägt mehr, als ein gleich langer und gleich schwerer Stab von Eisen, weil dieser in seinem Innern um so viel mehr fehlerhaft bleibt, je dicker er gefertigt worden ist, während beim Drahtziehen solche fehlerhafte Stücke abreißen und beseitigt werden.

Säulen, stehende Balken ꝛc. müßen dem Zerdrücken widerstehen. Der Widerstand, welchen ein Körper dem Zerdrücken

entgegensetzt, heißt seine rückwirkende Festigkeit. Die zum Zerdrücken erforderliche Last nimmt mit dem Querschnitte des Körpers ab und zu; sie ist außerdem noch um so größer, je steifer der Körper ist. Hohle Säulen haben bei gleicher Masse eine größere Tragkraft, als massive, wenn nur zwischen dem innern und äußern Durchmeßer ein richtiges Verhältnis stattfindet.

Wird ein Körper zerbrochen, so muß er zuerst gebogen werden: auf der einen Seite nähern sich die Theile, auf der entgegengesetzten werden sie von einander entfernt, bis endlich der Zusammenhang derselben ganz aufgehoben wird. Bei spröden Körpern (Glas, gegoßene Metalle, Steine, Eis rc.) trennen sich alle Theile, die in einem und demselben Querschnitt liegen, zugleich; bei Holz u. dgl. tritt die Trennung zuerst nur auf der auswärts gebogenen Seite ein. Die Kraft, welche ein Körper dem Zerbrechen entgegensetzt, heißt seine relative Festigkeit. Ein Stab oder Balken, der an beiden Enden unterstützt und in der Mitte belastet wird, trägt 4 mal so viel, als wenn er am einen Ende unterstützt und am andern Ende belastet wäre. Je breiter und dicker derselbe ist, desto mehr; je länger er ist, desto weniger trägt er. Außerdem ändert hier auch die Form sehr viel: ein dreikantiger, an beiden Enden unterstützter Stab trägt mehr, wenn er an den Enden einer seiner Seitenflächen unterstützt ist und die Last auf die gegenüberstehende Kante wirkt, — als wenn die Lage umgekehrt ist. Ein Brett bricht mehr oder weniger schnell, je nachdem es auf die hohe oder flache Seite gestellt wird. Rinnenförmige Platten haben bei sonst gleichen Verhältnissen eine größere relative Festigkeit, als ebene Platten. Die großen Waarenhäuser und Werfte der Londoner Doks sind mit dünnen eisernen Platten bedeckt, welche in halbkreisförmige Rinnen gebogen sind und dadurch die ganze Stärke dickerer Platten besitzen ohne deren gefährliches Gewicht.

Wenn man einen an einem Ende befestigten Körper dreht, so werden seine Theile verschoben, und zwar um so mehr, je

weiter sie vom befestigten Ende entfernt liegen. Der Widerstand, welchen ein Körper seinem Verwinden entgegensetzt, heißt seine Torsions- oder Windungsfestigkeit. Dieselbe ist zu berücksichtigen bei den Uhrenwellen, bei Seil- und Maschinenwellen, bei den Axen der Wagenräder rc. — Hier ist, wie bei der relativen Festigkeit, der ringförmige Querschnitt die vortheilhafteste Form.

Die Kraft, mit welcher die Theile dem Zerreißen, Zerdrücken, Zerbrechen und Verwinden widerstehen, mit welcher also die Theilchen eines und desselben festen Körpers zusammenhalten, heißt Cohäsion. Die verschieden sich äußernde Festigkeit eines Körpers hängt nach dem bisher Bemerkten ab von seiner Form und von seiner Cohäsion. Diese kann man durch Hitze, Hämmern, Ziehen, Walzen rc. noch auf verschiedene Weise verändern. Gedörrtes Obst, geräuchertes Fleisch werden durch den Einfluß der Wärme fester, indem ein Theil der Flüßigkeit, welche sie enthalten, verdunstet und eingedickt wird. Starkes Feuer macht irdene und porzellanene Geschirre hart durch theilweise Schmelzung der kieselhaltigen Theile des Thones, den Kalkstein weicher durch Vertreibung der Kohlensäure, welche er enthält. Hämmern, Ziehen, Walzen vermehrt die Cohäsion der Metalle; Pressen und Walken die Festigkeit von Zeug, Tuch, Leder, Papier. Im Allgemeinen wird sie um so mehr erhöht, je mehr es gelingt, die Theilchen eines Körpers zu innigerer Berührung zu bringen; sie wird vermindert, wenn die Atome weiter auseinander gehalten werden.

Die Cohäsion flüßiger Körper ist so schwach, daß sie, wie schon § 7 bemerkt wurde, nicht fähig sind, eine selbstständige Gestalt zu behaupten. Daß sie aber doch Cohäsion besitzen, zeigt die Tropfenbildung und die convexe Oberfläche des Waßers in einem übervollen Gefäße. Die Cohäsion des Waßers wird durch Wärme noch vermindert, deswegen bildet warmes Waßer kleinere Tropfen, als kaltes; deswegen fällt im Sommer, wenn die oberen Luftschichten nicht zu sehr erkaltet sind, der erste Regen in feinen Tropfen, erst der spätere, wenn die

Luft bereits abgekühlt ist, in größeren. — Die Kugelform der Regentropfen, des Hagels, der Theilchen des abwärts fallenden Strahls der Fontäne, die Verfertigung der Schrote (wo das geschmolzene Blei aus einem sich umdrehenden Siebe von einer bedeutenden Höhe herabfällt und jeder Bleistrom sich, sobald er das Sieb verläßt, in kleine Kügelchen theilt, welche abkühlen und fest werden, bis sie den Boden erreichen), zeigt uns, daß alle flüßigen Körper, sobald sie dazu Gelegenheit haben, ihre Theile um einen Mittelpunkt ordnen und Kugelform annehmen. — So waren auch die Planeten anfänglich in flüßigem Zustande, mußten in diesem nothwendig Kugelform annehmen und sind alsdann erst allmählig zu ihrer gegenwärtigen Festigkeit erhartet.

§. 11. Adhäsion.

a) Wenn man zwei sehr ebene Platten von Glas, Stein oder Metall auf einander legt, so erfordert es immer einige Gewalt, sie wieder von einander zu trennen. Dieses nimmt zu mit der Anzahl der Berührungspunkte; hört aber auf, merklich zu sein, wenn man ein dünnes Blatt Papier dazwischen legt. Polirte Spiegelglasplatten, die man in den Fabriken beim Packen auf einander legt, haften zuweilen so fest an einander, daß man sie nicht trennen kann, ohne sie zu zerbrechen. Beim Zeichnen haften die Bleistifttheilchen am Papier; Metallbelege haften fest an Glas, Holz u. s. w. Zersprungene Glocken, Kupfer, Messing, Eisen ꝛc. vereinigt man oft durch Zinnlegirung und nennt das: uneigentliches Löthen. Feste Körper, die sich an den Oberflächen in möglichst vielen Theilen berühren, ziehen einander an. — b) Wenn man die Hand in Waßer, Oel ꝛc. taucht, bleiben Flüßigkeitstheilchen an derselben hängen. Wenn man naße Dinge mit einem trockenen Tuche abwischt, wird dieses feucht. Wenn man Waßer, Milch ꝛc. aus einem Gefäße langsam ausgießt, so rinnt ein Theil der Flüßigkeit an der äußeren Wand des Gefäßes herab. Wenn Waßer aus einer Röhre springt, welche schief gegen ihre Axe abgeschnitten ist, so wird der Waßerstrahl nach der her-

vorragenden Seite hingezogen. Bringt man mit einem Waßerstrahle einen Körper in Verbindung, an welchem Waßer hängen bleibt, so wendet sich der Strahl nach diesem Körper hin. Auch Flüßigkeiten werden von festen Körpern angezogen. — c) Ebenso haben genaue Beobachtungen gelehrt, daß gasförmige Körper, obwohl weniger auffallend, von festen Körpern angezogen werden. Diese Anziehung zwischen zwei gleichartigen oder ungleichartigen Körpern, welche sich an ihren Oberflächen berühren, heißt Adhäsion. — Beim Siegeln, Mauern, Schreiben, Anstreichen, Malen, Drucken u. dgl. bemerkt man, daß die Adhäsion besonders stark sich dann äußert, wenn vorher flüßige Körper an einander erharten oder trocknen. — Wenn man zwei sehr ebene Bleicylinder fest zusammenpreßt, so ist nicht mehr die Adhäsion, sondern schon die Cohäsion zu überwinden, falls man sie wieder trennen will: wegen der Weichheit des Bleies haben sich die Massentheilchen der beiden Cylinder gegenseitig so sehr genähert, daß sie zusammen nur Eine Masse bilden. Werden Platten aus weichen Metallen auf einander gelegt und durch Walzen gezogen, so verbinden sie sich fest miteinander. So geht beim eigentlichen Löthen und beim Schweißen des Eisens und des Platins, — wo die zu vereinigenden Stücke an den Berührungsstellen in Fluß gesetzt werden — die Adhäsion in Cohäsion über; beim Leimen, Kitten und dem uneigentlichen Löthen findet bloß Adhäsion statt. — Bringt man eine Glasplatte, welche, am einen Arme eines Wagbalkens horizontal hängend, der Wagschale am andern Arme das Gleichgewicht hält, an ihrer untern Fläche mit der Oberfläche des Waßers in Berührung, so muß man in die Wagschale mehr Gewichte legen, also eine verhältnismäßig nicht unbedeutende Kraft anwenden, um sie wieder davon zu trennen. Nach erfolgter Trennung sieht man aber Waßertheilchen an der Platte hängen: es adhärirt also das Waßer so stark an der Glasplatte, daß sowohl die Cohäsion, als das Gewicht der Waßertheilchen überwunden werden mußte.

Talg u. dergl., zwischen zwei feste Körper gebracht, erhöht deren Adhäsion; Fettigkeit zwischen festen und flüßigen oder er-

hartenden Körpern vermindert sie sehr bedeutend (deswegen bestreicht man Backbleche und -Formen mit Schmalz ꝛc.). Die Schwimmvögel versehen ihre Federn mit einem fettigen Ueberzuge aus ihrer Oeldrüse; sie dürfen sich daher, wenn sie ans Land steigen, nur schütteln, so rollt das Waßer kugelig über ihren Körper herab. — Wenn man auf die Oberfläche des Waßers in einem Glase Bärlappsamen schüttet, so kann man den Finger bis an den Boden des Gefäßes bringen, ohne ihn naß zu machen, weil derselbe, wie überhaupt Staub, gegen Waßer äußerst geringe Adhäsion äußert. — Quecksilber hat gegen Glas, Holz, Eisen, Zeug, Leder ebenfalls äußerst geringe Adhäsion; man kann es daher — bis zu einem bestimmten Gewichte — in Flor tragen.

Wie läßt sich das Herabrinnen adhärirender Flüßigkeit beim Ausgießen verhüten? —

§. 12. Capillarität.

Vermöge der leichten Verschiebbarkeit der Theilchen sollte jede Flüßigkeit, die in einem Gefäße enthalten ist, eine vollkommene ebene Oberfläche bilden. Das ist aber nicht der Fall. Adhärirende Flüßigkeit steht am Rande höher, nicht adhärirende tiefer, als in der Mitte. So lang das Gefäß so weit ist, daß sich um die Mitte der Flüßigkeitsoberfläche eine Ebene bilden kann, bleibt die Mitte im allgemeinen Niveau; taucht man aber sehr enge Röhrchen in adhärirende Flüßigkeit, so verschwindet jene Ebene und die höher stehenden Ränder fallen um so schneller zusammen, je enger die Röhrchen sind. Dadurch steigt die Flüßigkeit in solchen Röhrchen höher, als der Spiegel außerhalb des Röhrchens ist. In nicht adhärirenden Röhrchen muß sie tiefer stehen. Die Kraft, welche diese Hebung und Senkung innerhalb der Röhrchen bewirkt, heißt Capillarität oder Haarröhrchenkraft. — Die Dicke und der Stoff der Röhrenwände sind dabei ganz gleichgültig, wenn sie nur von der Flüßigkeit benetzt werden. Dagegen hängt die Höhe wesentlich von der Art und dem Gewichte der Flüßigkeiten ab (Waßer

steigt z. B. in Haarröhrchen von gleichem Durchmesser 3 mal so hoch, als Alkohol, und ungefähr $2\frac{1}{2}$ mal so hoch als Terpentinöl) und von dem Durchmeßer des Röhrchens (z. B. in einem Röhrchen von 4 Linien Weite wird die Flüßigkeit nur halb so hoch gehoben, oder hinabgedrückt, als in einem Röhrchen von 2 Linien Weite). — Fließpapier, baumwollene Fäden, Asbestfäden ꝛc. saugen Flüßigkeit so sehr ein, daß sie gebraucht werden können, um dieselbe von einem Gefäße in ein anderes zu leiten. So werden z. B. die Gelenke ꝛc. an Maschinen- und Locomotiv-Theilen sparsam mittelst baumwollener Dochte geölt, welche in Oelbüchsen eingezogen sind. Der Docht der Lampen und Kerzen saugt die geschmolzene Fettigkeit oder den Spiritus ein und zieht sie in sich hinauf. Daß der Badeschwamm die Flüßigkeiten einsaugt, macht es uns möglich, uns mit demselben zu waschen; daß Leinwand das Nämliche thut, macht das Handtuch zum Abtrocknen brauchbar. In feuchten Mauern steigt die Flüßigkeit. Eingenäßtes Holz, welches vorher ausgetrocknet war, quillt so bedeutend auf, daß man mittelst desselben Felsenmassen und Maschinentheile zersprengen kann. Schädel sprengt man mittelst aufquellender Erbsen. Ein schlaff mit Sägmehl, Tischlerleim, Traganth ꝛc. gefüllter Sack, ins Waßer gehängt, wird nach kurzer Zeit zum Platzen voll. Thüren und Fenster quellen bei feuchter Witterung auf. Sand, Erde, Asche werden feucht, wenn sie auf naßer Unterlage liegen. — Durch das Leimen des Papieres werden die Poren desselben verschloßen, also wird dann die Capillarwirkung (das Fließen beim Schreiben, Malen ꝛc.) verhindert. Durch das Schmieren werden die Zellen des Leders verstopft, also verhindert, daß dieselben Waßer aufsaugen.

---

b) Innere (chemische) Verschiedenheit der Körper.

§. 13. Chemische Anziehung.

a. Waßer	a. Eßig	a. Salpetersäure
b. Glaubersalzlösung	b. Kalk	b. Kupfer
c. Weingeist	c. Pottasche	c. Eisen

Die Kraft, durch welche zwei Körper sich so mit einander verbinden, daß sie nun eine gleichartige Materie bilden, (a u. b) heißt chemische Anziehung. — Von den Körpern, welche sich chemisch verbinden, sagt man: sie haben chemische Verwandtschaft. Wenn ein dritter Körper ausgeschieden wird, während sich zwei verbinden, so ist die Wahlverwandtschaft thätig. Indem in den obigen Beispielen zu den Mischungen a u. b — c hinzukommt, verbindet sich jedesmal a mit c, weil diese nähere chemische Verwandtschaft haben, und b wird ausgeschieden. Fällt der ausgeschiedene Körper zu Boden, so heißt er Niederschlag.

§. 14. Verhältnisse der Verbindung.

a) Waßer verbindet sich mit Weingeist, Schwefelsäure mit Waßer u. s. w. in jeder beliebigen Menge. — b) In 100 Theilen Waßer kann man nie mehr als 27 Theile Kochsalz auflösen. — c) In heißem Waßer kann man mehr Salpeter auflösen, als in kaltem; in kaltem Waßer mehr Kalk, als in warmem; Kochsalz in kaltem und warmem gleichviel. — d) Bei Zucker-, Salz- und vielen andern Auflösungen kann man durch bloßes Verdunsten des Waßers den aufgelösten Körper wieder erhalten. Wir erkennen hieraus: a u. b. Die Verbindungsfähigkeit ist bei manchen Körpern durch allmählige Abstufung so sehr verwischt, daß es noch nicht gelungen ist, ihre bleibenden Mischungsverhältnisse durch den Versuch zu ermitteln, wiewohl bei anderen bereits das höchste Maaß bekannt ist, bei welchem das Auflösungsmittel als „gesättigt" erscheint. — c) Die Temperatur ändert bei manchen Auflösungen den Sättigungszustand, bei manchen nicht. — d) Bei den Auflösungen erleidet weder das Auflösungsmittel, noch der aufgelöste Körper eine innere Veränderung, und der aufgelöste Körper kann durch Verdunstung der auflösenden Flüßigkeit mit unveränderten Eigenschaften wieder gewonnen werden.

9 ℔ Waßer besteht aus 1 ℔ Waßerstoff und 8 ℔ Sauerstoff. 59 ℔ Kochsalz besteht aus 23 ℔ Natrium und 36 ℔ Chlor. In allen Fällen, wo sich Sauerstoff mit einem andern Körper verbindet, geschieht dieß mit 8, oder mit 8×2,

oder mit 8 × 3 u. s. f. Gewichtstheilen; bei Chlor mit 36, oder mit 36 × 2, oder mit 36 × 3 u. s. f. Gewichtstheilen. Solche Verbindungen, welche nur in bestimmten Gewichtsverhältnissen stattfinden, sind eigentlich chemische. Bei ihnen entsteht ein ganz neuer Körper, der nicht die Eigenschaften seiner Bestandtheile in sich vereinigt. Wie in den obigen Beispielen, so bekommt jeder Körper in der Chemie eine Zahl, wodurch sein chemischer Werth ausgedrückt wird, d. h. was er gegen andere Stoffe, mit denen er sich verbindet, zu leisten vermag. So ist z. B. Waßerstoff viel kräftiger, als Sauerstoff, weil 1 ℔ desselben es mit 8 ℔ Sauerstoff aufnehmen kann u. s. w. Eine solche Zahl heißt Mischungsgewicht, und sie bezeichnet das Gewicht, nach welchem sich die Stoffe zu chemischen Verbindungen mischen laßen. Das Mischungsgewicht des Waßerstoffs ist = 1; des Saueſtroffs = 8; des Natriums 23, des Eisens 28; des Kupfers 32; des Chlors 36 u. s. w.

§. 15. Grundstoffe.

Die verschiedenen Verwandtschaftsverhältnisse benützt die Chemie sowohl um bekannte Stoffe mit einander zu verbinden, als auch um aus unbekannten Verbindungen die bekannten Stoffe auszuscheiden. — Wenn ein Körper nach den bis jetzt bekannten Erfahrungen nicht mehr in einfachere Stoffe zerlegt werden kann, so heißt man ihn einstweilen ein chemisches Element, einen Grundstoff. Damit ist aber nicht gesagt, daß er wirklich einfach sei, sondern daß es bis jetzt nicht möglich sei, ihn in weitere Bestandtheile zu zerlegen. Gegenwärtig sind 62 Grundstoffe bekannt. Die eine Klasse derselben sind die Metalle, alle anderen einfachen Stoffe nennt man Metalloide (= Metallinge, obgleich sie zum Theil aller metallischen Eigenschaften entbehren). — Einige der merkwürdigsten Metalloide werden in den folgenden §§ abgehandelt.

§. 16. Der Sauerstoff (das Oxygen)

ist frei nur als Gas bekannt. Sauerstoff macht einen wesentlichen Bestandtheil aller organischen und fast aller unorganischen

Körper aus, verbindet sich mit allen andern Stoffen ohne Ausnahme und spielt daher in der allgemeinen Naturthätigkeit eine höchst wichtige Rolle. Man erhält das Sauerstoffgas durch Glühen verschiedener Körper (z. B. Braunstein, Mennig ꝛc.). Es ist durchsichtig, ohne Farbe, ohne Geruch, ohne Geschmack. Der Sauerstoff allein unterhält das Athmen und Brennen und wird bei beiden Thätigkeiten aus der Luft ausgeschieden und verzehrt; daher heißt er auch Lebensluft. (Ein erwachsener Mensch verbraucht jährlich aus der atmosphärischen Luft ungefähr 8 Centner Sauerstoff. Körper, welche sonst nur glühen, brennen darin mit blendender Flamme und lebhaftem Funkensprühen; daher leitet man auf die Glut, in welcher schwerflüßige Metalle ꝛc. geschmolzen werden, durch Gebläse einen Strom von Sauerstoff. Der einfache Blasebalg hat keinen andern Zweck, als durch vermehrte Luftströmung auch mehr Sauerstoff zuzuführen. Die Verbindungen des Sauerstoffs mit andern einfachen Körpern heißen Oxide. — Das Sauerstoffgas ist wenig schwerer, als die Luft.

Damit ein Körper sich entzünde, muß außer der Anwesenheit des Sauerstoffes, welchen die Luft zuführt, zugleich eine solche Erhöhung der Temperatur eintreten, daß Entzündung möglich wird. Nähert man einer eben erst angezündeten Kerze ein kaltes Stück Metall, einen kalten Stein ꝛc., so verlöscht die Flamme wieder, weil der Flamme die zum Fortbrennen nöthige Wärme entzogen wird. Umgibt man einen brennenden Körper mit nahezu luftdichten, nicht leicht entzündlichen Stoffen, z. B. mit naßem Dünger, Thon, naßen Tüchern ꝛc., so verlöscht die Flamme; begießt man ihn mit genügend viel Waßer, so hat man den nämlichen Erfolg, weil bei der darauffolgenden Verdunstung des Waßers dem brennenden Körper die zum Fortbrennen nöthige Temperatur entzogen wird. Bei den Kerzen, Lampen ꝛc. wird das im Docht befindliche Fett durch Erwärmung entzündet, die dadurch erzeugte Hitze schmelzt einen neuen Theil der durch Capillarität in die Höhe steigenden Fettigkeit, welche wieder durch Erhitzung in Flamme geräth und so fort und fort durch andere aufsteigende Theile der Fettigkeit ersetzt wird. Eine nur schwach brennende Flamme wird durch einen kalten Luftzug ausgelöscht, mäßiger Luftzug facht sie an; lebhaft brennende Flammen werden durch starken Luftzug verstärkt. — Rauch und Ruß enthalten noch unver-

brannte Theile des Brennmaterials, welche auch zur Vermehrung der Hitze beigetragen hätten, wenn sie verbrannt worden wären. Letzteres befördert man durch freien Luftzutritt; deswegen ist es vortheilhaft, bei Oefen, Kaminen, Heerden, Lampen 2c. den Luftzug zu verstärken. Je loser die Theile des Brennmaterials auf einander liegen, d. h. je mehr Oberfläche sie im Verhältnis zu ihrer Masse der zuströmenden Luft darbieten, desto rascher wird das Feuer zunehmen.

Eine ruhige Kerzen- oder Dochtflamme bildet die Form eines Kegels. Nur die äußere, von der Luft berührte Hülle ist leuchtend, der mittlere Theil ist dunkel. Dieser besteht aus Dämpfen und brennbaren Gasen (Brenzgasen); in jener findet die zum Brennen nothwendige Zersetzung der Gase statt. Bringt man ein feines Drahtgewebe von oben in die Flamme, so setzt sich in diesem mittleren Theile am meisten Ruß an, die vom leuchtenden Umfange berührte Fläche des Drahtgewebes bleibt fast ganz frei davon. Die Kerzenschneuze oder Lichtschneuze ist das Erzeugnis dieser unverbrannten Theile. Es ist nun leicht einzusehen, daß die Argand'schen Hohldochte den platten Lampendochten vorzuziehen sind, weil jene den Luftzutritt auch in das Innere der Flamme gestatten. Hält man einen Draht in die Flamme, so glüht dieser in den beiden Punkten, wo er sich in der äußersten Hülle befindet, am ersten, in der Gegend des dunkeln Kerns später, woraus mit Leichtigkeit der Schluß zu ziehen ist, daß auch die Erhitzung da am stärksten ist, wo der Sauerstoff am ungehindertsten hinzutreten kann. — Die Farbe der Flamme hängt nicht nur von dem brennenden Stoffe ab, sondern auch von der Temperatur, bei welcher verbrannt wird. Die Kerzenflamme erscheint unten (wo die Temperatur am niedersten ist) blau, in der Mitte des Saumes gelbroth, an der Spitze fast weiß; überhaupt: je höher die Temperatur ist, um so mehr vom Blau und Violett entfernt und dem Roth zugewendet, erscheint das Flammen- und Glutlicht.

§. 17. Der Waßerstoff (das Hydrogen)

ist ebenfalls nur in Gasgestalt bekannt, dabei farb-, geruch- und geschmacklos. Das Waßerstoffgas ist eines der leichtesten Gase (13 mal so leicht, als die Luft); es taugt nicht zum Athmen, ist aber sehr brennbar. Mit atmosphärischer Luft vermengt und eingeathmet, macht es schläfrig, ist aber unschädlich.

Im reinen Waßerstoffgas sterben Thiere, nicht wegen einer giftigen Eigenschaft desselben, sondern weil der Sauerstoff fehlt. Mit Waßerstoffgas oder auch mit dem schwereren Kohlenwaßerstoffgas (da jenes wegen seiner Feinheit allzu leicht durch den Zeug des Ballons entweicht) werden die Luftballons gefüllt.

Zwei Raumtheile Waßerstoffgas und ein Raumtheil Sauerstoffgas gibt Knallgas, welches, so bald es mit einer Flamme in Berührung kommt, zu Waßer verbrennt, wobei die umgebende atmosphärische Luft nach ihrer plötzlichen Ausdehnung so heftig zusammenstürzt, daß schwache Gefäße mit enger Mündung zertrümmert, geschloßene Locale beschädigt werden, wenn in ihnen dieser Vorgang statt hat.

Das Waßer löst viele Körper in sich auf und viele Luftarten werden vom Waßer verschluckt (gebunden). Dadurch erhält es verschiedene Eigenschaften, nach denen man es weich, hart, oder Mineralwaßer nennt. Das harte Waßer enthält so viele Kalk- oder Gypstheile in sich aufgelöst, daß Seife in ihm keinen Schaum gibt und Hülsenfrüchte (besonders Erbsen) sich in ihm nicht weich sieden laßen. Das weichste Waßer ist Regenwaßer. — Wenn das Waßer mit thierischen oder Pflanzenstoffen verunreinigt ist, so bekommt es übeln Geschmack und Geruch, wird aber mit der Zeit wieder rein, weil diese Stoffe durch Fäulnis zerstört werden. Man reinigt es, indem man es durch Gefäße filtrirt, in denen Kohle und Sand abwechselnd geschichtet ist. Man schützt es in Gefäßen lange vor dem Verderben durch einen kleinen Zusatz von Kalk, oder beßer, indem man ein Stück Eisen hineinlegt. Flüße mit kiesigem Grunde haben klares Waßer.

Wenn das Waßer erkaltet, so verdichtet es sich bis zu 4°C, dann dehnt es sich aus bis zu 0° und im Augenblick des Gefrierens nimmt es um $^1/_{10}$ an Rauminhalt zu. Dabei dehnt es sich mit so großer Gewalt aus, daß dadurch Bäume gespalten, Mauern gehoben, sehr starke Gefäße und Felsen zersprengt werden können. (Wohlthätig wirkt diese Kraft zur Auflockerung des Bodens, und ohne diese Eigenschaft, daß das Waßer bei 0° weniger dicht ist, als einige Grade darüber, würden Seeen 2c. nicht bloß auf ihrer Oberfläche, sondern in ihrer ganzen Masse auf einmal gefrieren.) — Erwärmt man das Waßer, so kocht es und verwandelt sich zuletzt in Dämpfe, welche bei einfachem Luftdrucke und einer Temperatur von 100°C. einen

1750mal so großen Raum einnehmen, als das dazu verwendete Waßer. Vervielfacht man den Druck, erhöht aber zugleich die Temperatur nur um so viel, als nöthig ist, daß der Druck den Dampf nicht in Waßer verwandle, so muß nothwendig das Volumen abnehmen. In den Locomotiven auf Eisenbahnen benützt man einen Dampf von 5 bis 7 fachem atmosphärischen Druck und 152 bis 165°C Wärme, und dieser hat ein ungefähr 300mal so großes Volumen, als das dazu verwendete Waßer.

§. 18. Der Stickstoff (das Azot)

erscheint frei ebenfalls nur als Gas, macht 4/5 unserer Atmosphäre aus und ist Bestandtheil einiger mineralischen und vegetabilischen Substanzen, aber Hauptbestandtheil aller thierischen Körper. Im Stickstoffgase erlöschen Lichter, und Thiere, welche es unvermengt einathmen, ersticken. Dieß ist jedoch nur Folge des Mangels an Sauerstoff, nicht einer tödtlichen Eigenschaft des Stickstoffgases. Es ist um wenig leichter, als die atmosphärische Luft. Wahrscheinlich ist es aber kein einfaches Gas, sondern eine Verbindung des Sauerstoffs mit dem noch unbekannten einfachen Stickstoff.

Die **atmosphärische Luft** ist in allen Zonen, Regionen und Jahreszeiten eine constante Verbindung von 78 Raumtheilen Stickstoffgas und 22 Raumtheilen Sauerstoffgas. (Waßerdunst und Kohlensäure enthält die Luft außerdem noch in veränderlicher Menge). Der Sauerstoff allein würde auf die Lungen zu heftig und ungleichmäßig wirken, im reinen Sauerstoffgas würde jede Flamme unaufhaltsam um sich greifen. Aber das Azot gibt der atmosphärischen Luft die Eigenschaften, durch welche sie zur Erhaltung thierischer Organismen vorzüglich tauglich wird; denn durch die Verbindung des Azots mit dem Oxygen wird nicht nur die heftige Wirkung des letzteren gemildert und für alle Stellen der Berührung mit den Lungen gleichmäßig gemacht, sondern das Azot wirkt auch dadurch wohlthätig ein, daß es zuweilen selbst in die Mischung der Organismen eingeht und ihre Bildung fördert. — Beim Athmen wird von Menschen und Thieren der Sauerstoff der Luft verzehrt; er verbindet sich mit dem Kohlenstoff im Venenblut zu Kohlen-

säure und gibt dem Blute die schöne rothe Farbe. Bei seinem Umlaufe durch den Körper nimmt das Blut Kohlenstoff aus den genoßenen Speisen auf und kommt als dunkle Flüßigkeit mit einem Uebermaaß von Kohlenstoff und fast ohne allen Sauerstoff in die Lungen zurück, wo aufs Neue Sauerstoff hinzutritt. Die ausgeathmete Luft ist Stickstoff mit Waßerdämpfen und Kohlensäure. — Das Ammoniak ist eine Verbindung von Azot mit Hydrogen.

§. 19. Das Chlor

findet sich in der Natur nur in Verbindung mit Metallen, vorzüglich als Chlornatrium oder Kochsalz. Es ist nach seinem Namen ein blaßgrünliches Gas, $2^1/_2$mal so schwer als die Luft und ist nicht brennbar. Der Umstand, daß ein Wachslicht darin fortbrennt, daß Phosphor und mehrere andere Körper sich von selbst darin entzünden, sowie seine Farbe und Verdichtbarkeit laßen darauf schließen, daß es — obwohl noch nicht zerlegt — kein chemischer Grundstoff, sondern ein Oxyd sei. Es verzehrt organische Farben im feuchten Zustand und wird daher zum Schnellbleichen benützt. Es zerstört manche schädliche Dünste und dient daher bei ansteckenden Krankheiten zum Räuchern. Mit Kalk verbindet es sich in Gegenwart von Waßer zu Chlorkalk. Dieser hat viele nützliche Eigenschaften. Den Leichen benimmt er den übeln Geruch; Leute, welche sich in lange verschloßen gewesene Gewölbe oder Canäle begeben müßen, bestreichen damit, um sich vor dem Ersticken zu sichern, Gesicht und Arme, und bespritzen die ausdünstenden Gegenstände. — Bei der Anwendung des Chlors muß aber mit der größten Vorsicht verfahren werden: rein eingeathmet, wirkt das Chlor augenblicklichen Tod; mit Luft vermischt reizt es die Athmungsorgane und bewirkt Blutspucken, Schwindsucht und ähnliche Krankheiten. Ebenso zerstört oder verletzt es beim Bleichen, oder wenn man es zur Vertilgung organischer Flecken benützt, leicht den Faden. — Chloroform besteht aus Chlor, Kohlenstoff, Waßerstoff und Sauerstoff.

§. 20. Das Jod

ist eine feste, dunkelgraue Substanz von metallähnlichem Glanze, riecht unangenehm, verwandelt sich in der Wärme in ein schönes violettes Gas und ist in Weingeist löslich. In einer Auflösung zeigt es noch den 450,000sten Theil Stärkmehl durch blaue Färbung an. Es wird in der Medicin und bei Verfertigung der Lichtbilder angewendet.

§. 21. Der Schwefel

kommt gediegen im Krater der Vulkane, hie und da im Gyps (welcher eine Verbindung von Schwefelsäure und Kalk ist) und im Kalksteine vor; sodann in Schwefelquellen, in organischen Körpern und in Verbindung mit vielen Metallen, z. B. im Schwefelkies mit Eisen, im Bleiglanz mit Blei. Den unreinen Schwefel (Rohschwefel) erhitzt man in verschloßenen irdenen oder gußeisernen Gefäßen und leitet entweder den übergehenden Schwefel in Formen, (Stangenschwefel), oder in geräumige Kammern, in denen sich dann die „Schwefelblumen" ansetzen. Bei 111°C schmilzt er, bei 160°C verwandelt er sich in eine zähe braune Masse, die in Waßer gegoßen nur langsam erhartet, dabei aber sich so beträchtlich dehnt, daß sie zu Münzabdrücken u. dergl. sehr brauchbar ist. Er ist für die Gewerbe einer der allerwichtigsten Stoffe, da aus ihm die Schwefelsäure gewonnen wird.

§. 22. Der Phosphor

wird aus den Knochen der Thiere gewonnen, findet sich aber auch in einigen mineralischen und vegetabilischen Substanzen. Mit Alkohol, Aether und vielen Oelen (nur nicht mit Nelken-, Zimmt- und Steinöl) gibt er Auflösungen, welche im Dunkeln leuchten. Er ist leicht schmelzbar und entzündet sich bei geringer Hitze (35°C), ja mit Waßerstoffgas verbunden, entzündet er sich an der Luft von selbst. Wegen seiner leichten Entzündbarkeit wird er zu den Zündhölzchen verwendet. — Er wirkt giftig.

§. 23. Der Kohlenstoff (das Carbon)

kommt in der Natur nicht rein vor, wohl aber in den mannigfachsten Verbindungen in unorganischen und organischen Kör-

pern; ist Hauptbestandtheil aller organischen Körper und daher das wichtigste Verbindungsglied zwischen der organischen und unorganischen Natur. In der Holz-, Thier-, Steinkohle ist er weniger rein enthalten, als im Diamant; dieser scheint ein höheres Oxyd des Kohlenstoffes zu sein, als die Kohle. Gut ausgebrannte, frisch geglühte Kohle, namentlich der weichen Hölzer (Weiden, Kiefern) absorbirt Gase, benimmt faulenden Substanzen Geruch und Geschmack; daher wird sie benützt, faul gewordenes Waßer trinkbar zu machen, Flüßigkeiten zu entfärben. Frisch geglühtes Kohlenpulver macht die Luft in geschloßenen Räumen trocken. Stahlwaaren rosten nicht, wenn man sie in trocknes Kohlenpulver einpackt. — Wenn man dünne Stabeisenstangen mit dem achten Theile ihres Gewichtes Kohlenstaub abwechselnd schichtet und in kegelförmig verengten Oefen oder in verschloßenen Kästen oder Töpfen mehrere Tage lang glüht, so verbindet sich der Kohlenstoff der Kohle mit dem Eisen und verwandelt dieses in Stahl (Cement- oder Brennstahl.) Die Druckerschwärze wird aus reiner Rußkohle gemacht, die man mit Leinöl mengt und dann anhaltend erhitzt. Pariser-, Münchner- 2c. -Schwärze ist ausgeglühter Ruß. Bein- oder Frankfurter Schwarz oder sogenanntes gebranntes Elfenbein ist Knochenkohle; man wendet es z. B. bei der Zuckerfabrikation und bei der Stiefelwichse an. Auch zur Bereitung der Tusch wird die Kohle besonderer ostindischer Pflanzen verwendet.

Von den Verbindungen des Kohlenstoffs sind folgende die wichtigsten:

a) das kohlensaure Gas („fixe Luft") (1 Mischungsgewicht Kohlenstoff u. 2 M. G. Sauerstoff). Die Kohlensäure wird in der Natur überall gefunden, wo organische Ueberreste verwesen oder faulen oder auch diesen Vorgang schon durchgemacht haben, z. B. in der Ackererde, in dem die Erdrinde durchsickernden Quell- und Grundwaßer. Sie bildet, mit Kalk verbunden, die Kreide, den Marmor, den Urkalk, die Schalen der Schalthiere 2c. Sie kann aus diesen Verbindungen, aber ziemlich unrein, durch die meisten übrigen Säuren, am wohlfeilsten durch Aufgießen verdünnter Schwefelsäure (unter Auf-

brausen und bei stetem Umrühren) entbunden werden; beim Brennen des Kalks wird sie aus dem Rohkalk durch Glühen ausgeschieden. Sie wird in vielen Vulkanen, wie auch auf unsern Feuerheerden täglich in großer Menge erzeugt; so daß die atmosphärische Luft selbst in beträchtlichen Höhen nicht frei davon ist. Jede Pflanze entbindet und verzehrt Kohlensäure. Lange nicht geöffnete Brunnen, Keller rc. enthalten sie in großer Menge. Da sie die Lichtflamme erstickt, muß man als Probe ein Licht in solche Räume hinablaßen, bevor man sie betritt. An der Salzquelle bei Kissingen entwickelt sich dieses Gas aus dem Boden. Sie bildet sich ferner, wo lebende Wesen athmen, denn beim Athmen verbindet sich der Sauerstoff der eingeathmeten Luft mit dem Kohlenstoff des Venenblutes zu Kohlensäure und von dieser wird nebst dem aus der Luft ausgeschiedenen Stickstoff so viel ausgeathmet, als dem Organismus entbehrlich ist. (Vgl. S. 21 unten.) — Mit 5 Theilen atmosphärischer Luft wirkt sie noch nicht merklich nachtheilig auf die Lungen, wohl aber wenn sie in größerer Menge vorhanden ist. Daher die Luftverderbnis in geschloßenen Räumen, in denen viele lebende Wesen beisammen sind; daher auch die Wichtigkeit täglicher Lüftung der Zimmer, der Ventilatoren in Krankenzimmern, Versammlungssälen. Da die Kohlensäure schwerer als die atmosphärische Luft ist, so sammelt sie sich am Fußboden (zumal in Schiffen, Höhlen rc. — Hundsgrotte bei Neapel) und wird so kleinen Kindern oder liegenden Menschen und kleinen Thieren besonders nachtheilig. Die Schichte Kohlensäure, welche auf Torfmooren lagert, wird immer kleineren Geschöpfen nachtheilig, während der Mensch oder größere Thiere sich ohne Schaden darüber hinweg bewegen. — In der „schwarzen Grotte" bei Lahore kamen 1755 von Abends 9 Uhr bis Morgens 5 Uhr von 146 gefangenen Engländern 123 jämmerlich um, weil keine Luftreinigung stattfinden konnte. Glühende Kohlen wirken, eben weil sie Kohlensäure in großer Menge erzeugen, in Schlafzimmern nicht selten erstickend. — Den Getränken gibt die Kohlensäure einen angenehmen Geschmack und Geruch, und in dieser Form ist sie dem Magen zuträglich, (Selterser Waßer, Pyrmonter Waßer,

Champagner, ... der Schaum des Bieres, ... Brausepulver). Das Waßer erhält durch die Kohlensäure das Vermögen, Metalle und Erdarten in sich aufzulösen, welche beim Entweichen der Kohlensäure wieder niederfallen; daher werden die Gläser trüb, aus denen man Mineralwaßer trinkt.

b) Das Kohlenwaßerstoffgas oder Leuchtgas (1 M. G. Waßerstoff u. 1 M. G. Kohlenstoff), welches bei Gasbeleuchtungen gebraucht wird. Im Großen wird es auf folgende Art bereitet: Holz, Steinkohlen oder Walfischthran oder dergl. (selbst Baumwollabfälle, Fichten- und Tannennadeln sind dazu tauglich) werden in großen eisernen Cylindern ausgeglüht, das Gas wird aufgefangen, in Kalkmilch geleitet, um es von dem kohlensauern Gase und vom Schwefel zu reinigen, in einem großen Behälter (Gasometer) gesammelt und von da durch Röhren an jeden beliebigen Ort geleitet. — Vorsicht, um es nicht mit atmosphärischer Luft zu mengen, weil sich sonst das, § 17 erwähnte, Knallgas bildet. — Die meisten brennenden Körper, Holz, Talg, Wachs 2c., sind brennender Kohlenstoff und Waßerstoff, mit harzigen Theilen vermischt, welche Rauch und Ruß erzeugen, während die Flamme des Leuchtgases heller als jede Lampen- und Kerzenflamme ist und von Rauch und Ruß keine Spur zeigt, wenn das Gas gehörig rein ist.

c) Das Grubengas (1 M. G. Kohlenstoff, 2 M. G. Waßerstoff) entwickelt sich aus faulenden Körpern (Sümpfen), in Salz- und Kohlenbergwerken und gleichzeitig bei der Darstellung des Leuchtgases. Mit der Luft gemischt, bildet es, wie das vorige, Knallgas, welches sich entzündet, sobald es mit einer Flamme in Berührung kommt, und in Bergwerken oft heftige Detonationen (vgl. § 17.) verursacht. Daher wird es von den Bergleuten schlagendes Wetter, feuriger Schwaden genannt. Davy's Entdeckung, daß keine Flamme durch ein sehr enges, feines Drahtgewebe schlägt, weil die vielfache Berührung mit dem Drahte die Flamme abkühlt, führte ihn zur Erfindung der Sicherheitslampe für Bergleute. Dringt nämlich entzündlicher Schwaden sammt atmosphärischer Luft bis zur Flamme, so er-

folgt zwar innerhalb des Netzes eine Detonation, welche die Flamme zum Erlöschen bringt, aber nur innerhalb; das kühlend wirkende Netz schneidet den weitern Verfolg ab. Der Docht ist gewöhnlich von einem Platindraht spiralförmig umwunden, damit dieser, wenn die Flamme erloschen ist, glühend noch so viel Licht spende, als der Bergmann nöthig hat, um den Ausweg aus der Grube zu finden.

§. 24. **Die Metalle**

sind schmelzbar, brennbar, undurchsichtig und haben einen eigenthümlichen Glanz. Doch ist damit nicht gesagt, daß sie allein diese Merkmale haben; man bemerkt dieselben wenigstens theilweise auch an andern Körpern, was schon aus dem weisen Naturgesetz des allmähligen Uebergangs hervorgeht, welches keine strenge Begrenzung zuläßt. Am leichtesten schmelzbar ist Quecksilber (— 38°C); Gold und Platina fordern zum Schmelzen die größte Hitze. Das dichteste Metall ist Iridium (23 mal so dicht, als das Waßer), dann folgen Platina (21), Gold (19), Quecksilber (14), Blei (11), Silber (10), Eisen (7). Ueber die hervorstechendsten chemischen Eigenschaften der Metalle ist Folgendes zu merken:

1) Alle Metalle verbinden sich mit fast allen Metalloiden, besonders leicht mit Sauerstoff und Schwefel.

2) Wie schon § 14 bemerkt, ist die Verbindungsfähigkeit der Körper bei einigen Substanzen sehr scharf begrenzt, bei andern weniger scharf und bei noch andern durch allmählige Abstufung so verwischt, daß man bis jetzt noch keine bleibenden Mischungsverhältnisse entdecken konnte. Erfahrungsgemäß sind nun diejenigen Verbindungen um so inniger, finden nach um so schärferen Mischungsverhältnissen statt und weichen in ihren Eigenschaften um so mehr von den Eigenschaften ihrer Bestandtheile ab, je verschiedener die Eigenschaften der letzteren gewesen sind.

a) Am ausgezeichnetsten sind in dieser Hinsicht die Sauerstoffverbindungen; b. weniger scharf sind die Verbindungen des Schwefels und Phosphors mit Metallen; c. am unmerklichsten sind die Verbindungen der Me-

talle unter sich begrenzt, weil sie einander sehr ähnlich sind. Z. B. a. Schwefel und Sauerstoff zu Schwefelsäure verbunden, gibt eine scharfe saure Flüßigkeit, welche keinem seiner geschmacklosen Bestandtheile ähnlich ist; b) Schwefel und Blei, zu Schwefelblei verbunden, vereinigt die Zerbrechlichkeit des Schwefels und den Glanz des Bleies; c. Zinn und Blei gibt Zinnlegirung und ist nach seinen Eigenschaften kaum von seinen Bestandtheilen zu unterscheiden. Die Legirungen, die im gemeinen Leben am häufigsten vorkommen, sind: Glockenspeise (78 Kupfer, 22 Zinn); Kanonenmetall (100 Kupfer, 10 Zinn); Tombak (32 Kupfer, 24 Zink); feines Messing (68 Kupfer, 32 Zink); Neusilber (55 Kupfer, 18 Nickel, 30 Zink). Die Verbindung des Quecksilbers mit einem andern Metall heißt Amalgam.

3) Die Metalle kommen in der Natur selten gediegen vor, sondern meistens in Verbindung mit Sauerstoff, Schwefel und Arsenik. In diesem Zustande heißen sie Erze.

§. 25. Von einigen Säuren.

Zu den wichtigsten Verbindungen, welche die Chemie herstellt, gehören die Säuren. Folgende werden in der Physik und im gemeinen Leben am häufigsten genannt und angewendet:

1) Die Salpetersäure (1 M. G. Stickstoff u. 5 M. G. Sauerstoff nebst Waßer) ist farblos, raucht schwach, hat einen eigenthümlichen Geruch und einen höchst sauern Geschmack. Sie oxydirt alle Metalle, nur nicht Gold und Platin. Sie zersetzt alle organischen Stoffe und färbt dabei manche gelb (z. B. Wolle, Indigo, die menschliche Haut), hingegen dem Wachs entzieht sie die gelbe Farbe und wird daher zum Wachsbleichen angewendet. Dabei verliert sie einen Theil ihres Sauerstoffs und entweicht in rothen Dämpfen, an denen sie leicht von jeder andern Säure zu unterscheiden ist. — Mit Waßer verdünnt gibt sie das Scheidewaßer. Mit Pottasche (Kali) bildet sie den Salpeter.

Anmerk. 6 Theile Salpeter, 1 Kohle und 1 Schwefel geben das Schießpulver. Die Wirkung des Schießpulvers beruht auf der bei der

Verbrennung stattfindenden Gasentbindung; dasselbe wird folglich um so beßer sein, je mehr Gas entbunden wird. Die Gase nehmen einen ungefähr 4000 mal so großen Raum ein, als das Pulver, und da die dazu erforderliche Ausdehnung sehr plötzlich geschieht, überdieß auch im Feuerrohr nur nach Einer Richtung wirken kann, so erklärt sich daraus leicht die große Gewalt, mit der das Geschoß fortgetrieben wird.

2) Die Salzsäure (1 M. G. Waßerstoff u. 1 M. G. Chlor mit mehr oder weniger Waßer) ist farblos, raucht weiß an der Luft, wird durch organischen Staub leicht gelb und schmeckt brennend sauer. 2 Theile Salzsäure und 1 Salpetersäure geben das Königswaßer, in welchem sich auch Gold und Platin auflösen. Man hat sich aber beim Mischen des Königswaßers zu hüten, daß die Bestandtheile nicht zu concentrirt genommen werden, da sonst die Gefahr einer Explosion zu befürchten steht.

3) Schwefelige Säure (1 M. G. Schwefel u. 1 M. G. Sauerstoff) ist das erstickende Gas, welches sich beim Verbrennen des Schwefels erzeugt; sie wird vom Waßer verschluckt, ist farblos und bleicht organischen Faserstoff (z. B. Knochen, Stroh, Hopfen 2c.).

4) Schwefelsäure (1 M. G. Schwefel u. 3 M. G. Sauerstoff). Es gibt zwei Arten:

a) die concentrirte oder englische Schwefelsäure ist farblos oder bräunlich, und ist als die wohlfeilere überall da in Anwendung, wo es nicht auf sehr eingreifende Wirkung ankommt.

b) Die rauchende oder nordhäuser Schwefelsäure (Vitriolöl), hat nicht allein weniger Waßergehalt, sondern ist auch eine viel zusammengesetztere Verbindung, als die vorige. Daher wirkt sie so heftig und ist das alleinige Auflösungsmittel des in englischer Schwefelsäure unlöslichen Indigo's; deswegen ist sie für die Blaufärberei sehr wichtig.

Beide Arten ziehen Waßer aus der Luft an und erhitzen sich beim Vermischen mit Waßer stark. Man muß daher im-

mer die Säure nach und nach zum Waßer gießen, nicht umgekehrt. Das Vitriolöl erhitzt sich dabei noch viel stärker, als die Schwefelsäure; man muß daher bei diesem das Waßer immer erst in kreisende Bewegung bringen und hierauf die Säure in dünnem Strahl zugießen.

§. 26. Gährung.

a) Ebenso wie sich unorganische Körper unter Mitwirkung anderer Stoffe, namentlich schon des Waßers, gegenseitig zersetzen, so ist das bei vielen organischen Substanzen noch viel mehr der Fall, weil sie nur durch schwache chemische Verwandtschaft bestehen. — Wenn man 1 Theil Zucker in 4 bis 6 Theilen heißen Waßers auflöst und die Flüßigkeit bis zu mittlerer Temperatur erkalten läßt, sodann mit 20 Theilen frisch gewaschener Wein- (oder Bier-) Hefe (Ferment) zusammenrührt und bei 15 bis 25°C der Ruhe überläßt, so bemerkt man eine schwache Erwärmung der Flüßigkeit; ein Theil des Ferments, welcher bisher unaufgelöst gewesen, verschwindet, verbindet sich zum Theil mit dem Zucker unter Entbindung einer bedeutenden Menge Kohlensäuregas, welches mit schwachem Aufbrausen aus der dadurch bewegten Flüßigkeit sich auf ihr als schützende Decke gegen den Zudrang der atmosphärischen Luft, sammelt. Ist der Zucker oder das Ferment verzehrt, so hören die Erscheinungen nach einigen Stunden auf (bei viel Zucker erst nach Monaten), die Flüßigkeit klärt sich, überschüßiges Ferment oder sonstige Verunreinigungen lagern sich am Boden (als Unterhefe), oder zum Theil, durch das entweichende Gas getragen, auf der Oberfläche (als Oberhefe). Die vergohrene, im kühlen Keller völlig geklärte, in vollgefüllte, gut verschloßene Gefäße abgezogene, schwach gelbliche Flüßigkeit hat erwärmenden, faden Geschmack, enthält höchstens noch etwas Kohlensäure und heißt reiner Wein. Dieser Prozeß bildet die immer wiederkehrende Grundlage der sogenannten Weingährung.

Diesem reinen Weine stehen die zusammengesetzten, geschmackvolleren Weine des gewöhnlichen Lebens gegenüber, welche noch färbende und

aromatische Substanzen, Säuren, Salze u. s. w. enthalten, z. B. der Wein aus Honig (Meth), aus Milch (Koumiß der Kalmücken), aus Trauben, Obst und Pflanzensäften. Honig und Stutenmilch bedürfen zur Weinbildung des Ferments; der ausgepreßte Trauben-, Aepfel- und Birnsaft enthält schon selbst Ferment, liefert daher ohne Weiteres Wein. Wird Traubenmost gekocht, so scheidet sich das Ferment ab, die Weingährung erfolgt dann nicht mehr. Mancher Most enthält aber an sich zu wenig Ferment oder Zucker und liefert so einen unhaltbaren Wein; hier hilft ein künstlicher Ersatz der mangelnden Substanz. — Die übrigen süßen Pflanzensäfte erfordern eine besondere Behandlung zur Weinbereitung, weil sie Zucker, Ferment und Waßer meistens nicht in angemeßenem Verhältnis enthalten, weshalb das Fehlende ersetzt werden muß. — Hieher gehört auch, der künstlichen Zuckerbildung wegen, die Branntweinmaische und das Bier. Jene enthält Getreidewein, der durch Destillation in Alkohol zersetzt wird; dieses enthält gehopften Malzwein, dabei aber wenig reinen Wein und mehr andere Beimischungen von Malz und Hopfen, ist daher auch weniger haltbar, als der Wein.— Brod, das allgemeinste Nahrungsmittel, ist gleichfalls ein Erzeugnis der Weingährung. Getreidemehl besteht nämlich aus viel Stärkmehl, Kleber, wenig Schleimzucker, Gummi und Eiweißstoff rc., und es wirkt dabei der Kleber im eingerührten Teig so auf das Stärkmehl ein, daß Stärke und Gummi entsteht. Zugleich gelangt der ursprünglich im Mehl enthaltene Schleimzucker durch das hinzugekommene Ferment (Sauerteig) zur Weingährung und zerfällt in Wein und Kohlensäure. Letztere bewirkt die Aufblähung des Teiges. In diesem Zustande wird sodann durch das Backen die weitere Zersetzung des Teiges verhindert, der Wein wird zersetzt, als Alkohol mit der Kohlensäure aus den Poren getrieben und so durch Erhärtung des Klebers und Eiweißes in Verbindung mit den übrigen Bestandtheilen die eigenthümliche Brodsubstanz gebildet.

b) Die Beispiele des täglichen Lebens: Sauerwerden von Wein, Bier, Speisen, Brod, Hefe, Sauerteig; Fäulnis des schwachen Eßigs, des Sauerteigs, der Hefe, der Früchte, des Obstes und Gemüses, des Fleisches, der Wunden, des Cloaken-Inhaltes, des Düngers u. s. w. — zeigen deutlich genug, daß auch schon durch gleichzeitige Einwirkung der irdischen Ein-

flüße (Waßer, atmosphärische Luft und mittlere Temperatur) die Zersetzung organischer Substanzen mit verschiedenem Erfolge vor sich gehe, je nach Verschiedenheit der organischen Substanzen an sich, je nachdem mehrere organische Substanzen zugleich bei der Zersetzung betheiligt sind, und je nachdem Waßer oder Luft in hinreichender Menge vorhanden ist oder nicht.

Nach § 16. 17. 18. 21. 22. 23. bestehen die organischen Substanzen vornehmlich aus Sauerstoff, Waßerstoff, Kohlenstoff; sie enthalten aber auch manchmal noch Stickstoff, Schwefel, Phosphor und andere Substanzen. Ist nun Eine organische Substanz — unter Einfluß einer gemäßigten Temperatur und der atmosphärischen Luft — der Berührung mit einer hinreichenden Menge Waßers ausgesetzt, so erfolgt die Zersetzung unter Verschluckung von Sauerstoff aus der Luft, mitunter bei gleichzeitiger Waßerzersetzung. Enthielt die organische Substanz bloß Kohlenstoff, Waßerstoff und Sauerstoff, so zerfällt sie in Kohlensäure, Waßer und etwa Kohlenwaßerstoffgas; enthielt sie Stickstoff, so bildet sich zugleich Ammoniak, Salpetersäure und Stickgas; wenn auch Schwefel und Phosphor vorhanden war, so erzeugt sich zugleich Schwefel- und Phosphor-Waßerstoffgas; endlich wenn sie auch Metalle oder andere als die erwähnten Metalloide enthielt, so werden deren Oxyde an die entstandenen Säuren gebunden. (Im Sommer kann man sich diesen Vorgang sogar in den Zimmern an den Blumenpokalen ansehen, zumal wenn die Blumen nicht täglich frisches Waßer erhalten.) Diesen Proceß (b), welcher sich demnach von (a) wesentlich unterscheidet, nennt man nach den sich entwickelnden, mitunter übelriechenden Gasarten, die faule Gährung, „Fäulnis", und hat dabei noch beobachtet, daß bei ungehindertem Luftzutritt mehr kohlensaures Gas, Stickgas und Salpetersäure, bei beschränktem Luftzutritt dagegen mehr Ammoniak, Phosphor-, Schwefel- und Kohlenwaßerstoffgas erzeugt wird, weil in letzterem Fall der Sauerstoff allein durch Waßerzersetzung aufgenommen und der freigewordene Waßerstoff an die übrigen Bestandtheile gebunden wird. War jedoch Einer organischen Substanz die zu obiger vollständiger Zersetzung nöthige Waßermenge nicht dargeboten, so findet auch eine weniger vollständige Zersetzung statt, so daß Substanzen übrig bleiben, welche noch organische Eigenschaften besitzen. Dabei entstehen manchmal solche organische Ver-

bindungen, welche die andern mit entstandenen organischen Verbindungen, bei dem Mangel einer größern Waßermenge, vor weiterer Zersetzung bewahren. Z. B. Wein, Bier 2c. wird unter Absorbtion von Sauerstoff sauer, weil Eßigsäure gebildet wird, welche — wenn nicht zu viel Waßer vorhanden ist — die Flüßigkeit gegen weitere Zersetzung schützt. Obgleich dieser soeben angeführte specielle Proceß bloß auf Oxydation beruht, so wurde er doch die „Eßiggährung" (siehe weiter unten) genannt, wiewohl er mit der eigentlichen Gährung, der Weingährung, gar keine Aehnlichkeit hat. Die meisten organischen Substanzen zerfallen jedoch, wenn nicht so viel Waßer vorhanden ist, als die Fäulnis erfordert, unter Modergeruch in ein graues oder braunes Pulver, welches nebst den in den unorganischen Zustand übergegangenen Resten, auch noch eine eigenthümliche organische Substanz, den Moder, enthält. Dieser Zersetzung, „Verwesung" genannt, unterliegen insbesondere jene organische Substanzen, welche — wie z. B. Stroh, Holz, Haare, Hörner, Klauen u. s. w. — durch ihre Unauflöslichkeit im Waßer, der Einwirkung des letzteren sich widersetzen. — Noch viel verwickeltere Resultate entstehen aber, wenn bei Zusammenwirkung von Waßer, **Luft** und Wärme mehrere organische Substanzen zugleich auf einander wirken, wie das fast immer im practischen Leben auch bei den sogenannten Gährungsprocessen geschieht, wo also nicht selten Zucker-, Wein- und Eßigbildung und Fäulnis bei nur einiger Sorglosigkeit nach einander sich einstellen, ja zum Theil mit einander fortwirken können, wobei also gerade darin die schwere Aufgabe liegt, an Reinlichkeit, Pünktlichkeit und Fleiß nichts zu verfehlen und zu versäumen.

Die vorhin erwähnte Oxydation organischer Substanzen an der Luft unter Vermittlung des Ferments zum Zweck der Eßigerzeugung geht im einfachsten Fall folgendermaßen vor sich. Wenn man sehr verdünnten Weingeist mit etwas saurem Ferment (saure Hefe, Kleber, Sauerteig u. s. w.) versetzt, und bei einer Temperatur von + 25 bis 35°C dem ungehinderten Zutritt der atmosphärischen Luft aussetzt, so erfolgt bald Erwärmung, Bewegung der Flüßigkeit und Absorbirung von Sauerstoff aus der Luft. Die sauern Fermenttheile geben nämlich im Innern der Flüßigkeit Sauerstoff an den Alkohol ab, lösen sich sodann auf, oxydiren sich aber wieder an der Oberfläche der Flüßigkeit und sinken abermals als feste Theile wiederholt nieder und überführen auf diese Weise so lange den Sauer-

der Luft an den Alkohol, bis dieser ganz verzehrt und in Eßigsäure verwandelt ist, worauf dann das saure Ferment als Eßighefe („Eßigmutter") zu Boden fällt, während die gebildete Eßigsäure in der wäßerigen Flüßigkeit aufgelöst bleibt. — Da alle weingahren Flüßigkeiten schon Ferment enthalten, so liefern sie ohne Weiteres ebenfalls Eßig; derselbe enthält aber zugleich ihre eigenthümlichen Beimischungen. Der Wein zerfällt dabei immer erst in Ferment und Weingeist, und der letztere wird auf die nämliche Weise, wie oben beschrieben, durch wiederholte Oxydation und Desoxydation des Ferments in Eßig umgewandelt.

Die Mittel gegen beide, oben unter a) und b) beschriebenen Zersetzungen organischer Substanzen ergeben sich aus dem bisher Gesagten, wenn man die Bedingungen dieser Zersetzungen entfernt, oder die organischen Substanzen so verändert, daß sie dieser Zersetzungen nicht mehr fähig sind. Die Bedingungen der Zersetzung werden z. B. bei Obst und Fleisch entfernt durch Trocknen, indem ein großer Theil ihres Waßergehaltes entfernt wird; durch Kochen des Traubenmostes, der Milch und der Speisen, indem dabei das Ferment beseitigt wird; — bei der Aufbewahrung von Wein, Bier, Milch, Speisen ꝛc. im kühlen Keller, indem dadurch die Wärme niedergehalten wird; — durch Einsalzen, Einmachen mit Zucker, Alkohol, schwachen Säuren ꝛc.; durch die oben erwähnte Decke von Kohlensäure auf Gährbottigen und Backmulden; durch Verschließen in Gefäßen, welche Kohlensäure oder Stickgas enthalten, — wodurch die Luft abgehalten wird; — durch Ueberzüge und Anstriche von Wachs und Harz, Untertauchen in Fett und Oel, durch Einsalzen u. dgl., indem dadurch Luft und Feuchtigkeit zugleich ausgeschloßen wird. — Ein Verändern der organischen Substanzen zur Verhinderung der Zersetzung erfolgt durch Räuchern, Behandeln mit Holzeßig oder Salpeter, durch Erhitzen, Gefrieren.

Dritter Abschnitt.

Gleichgewicht und Bewegung der festen Körper.

§. 27. Bewegung.

Jede Veränderung des Ortes, den ein Körper einnimmt, nennen wir Bewegung; den Mangel an Bewegung Ruhe. Die gerade oder krumme Linie, welche ein bestimmter Punkt eines bewegten Körpers zurücklegt, heißt seine Bahn. Faßen wir die Zeit, die ein Körper zum Durchlaufen seiner Bahn braucht, ins Auge, so gelangen wir zu der Vorstellung seiner Geschwindigkeit. Gewöhnlich drückt man die Geschwindigkeit eines bewegten Körpers durch die Zahl von Längeneinheiten (Fußen) aus, welche er in der Zeiteinheit (Secunde) durchläuft, und erkennt an der größeren Zahl die schnellere Bewegung, oder die größere Geschwindigkeit. Wenn man z. B. sagt: eine Schnecke hat $^1/_{200}{}'$ Geschwindigkeit, so heißt das: sie legt in einer Secunde den 200sten Theil eines Fußes zurück. In gleicher Weise drücken bei folgenden Dingen die beigesetzten Zahlen den Weg aus, den dieselben in einer Secunde zurücklegen: Flüße gewöhnlich 3 — 4′ (Donau 5 — 6′, Amazonenstrom $7^1/_3{}'$, Linth in der Schweiz $11^2/_3{}'$), ein Fußgänger 5′, eine Fliege 5′, ein Kameel $6^1/_3{}'$, ein Wagen, der in $^3/_4$ Stunden eine Meile zurücklegt 9′, der mäßige Wind 10′, schnell segelnde Schiffe 14′, Dampfschiffe 15′, das Rennthier vor einem Schlitten 25′, englische Rennpferde 40 — 70′, Locomotive auf Eisenbahnen 45 — 100′, der Sturm 50′, ein Windhund 78′, ein Adler 93′, eine Brieftaube 110′, ein Orkan 80 — 120′, der Schall 1050′, eine Büchsenkugel höchstens 1500′, eine 24 pfündige Kanonenkugel 2300′, — die Erde $3^2/_3$ Meilen, (die Meile zu 26000 Fuß), das Licht 42000 Meilen, die Elektricität im Kupferdraht 62000 Meilen.

Die im Verhältnis zu ihrer Masse bedeutende Gewalt einer abgeschoßenen Kugel rührt von der Ursache her, welche ihr die große Geschwindigkeit beibrachte; daß ein abgeschloßenes

Talglicht ein Fell zu durchlöchern vermag, ist gleichfalls Folge der Geschwindigkeit, die Gewalt der mäßig bewegten Eisdecke eines Stromes kommt von ihrer großen Masse her. Die Wirkung eines bewegten Körpers auf einen widerstehenden hängt also von seiner Geschwindigkeit und von seiner Masse ab. Dabei ist aber zu bemerken: z. B. Eine Kanonenkugel von 24 ℔ Masse und 1000′ Geschwindigkeit hat zwar dieselbe Bewegungsgröße (= 24000), wie eine Eismasse von 6000 ℔ Masse und 4′ Geschwindigkeit, die Wirkung beider auf einen Punkt eines widerstehenden Körper ist aber nicht dieselbe, da bei der Kanonenkugel die Masse, welche der Träger der Bewegungsgröße ist, auf einem kleineren Raume beisammen ist, als bei dem Eisblock. — Wie sehr aber die Geschwindigkeit die Wirkung eines bewegten Körpers verändert, beweist unter Anderem die Erfahrung, daß man mit einer Kupferscheibe, welche mit einer Geschwindigkeit von 34′ rotirt, Einschnitte in Glas machen kann; wie überhaupt in Schleifmühlen ꝛc. die rasche Umdrehung des Schleifsteines die Wirkung so wesentlich erhöht. — Ohne Ursache kann keine Aenderung der Bewegung eintreten. — Die Ursache einer solchen Aenderung nennt man aber **Kraft** und beurtheilt die Kraft nach der Aenderung, die sie hervorbringt.

Am einfachsten tritt diese Aenderung in dem Fall auf, wo der Körper aus der Ruhe in Bewegung übergeht. Jede Kraft wirkt so lange fort, bis sie durch eine oder mehrere entgegengesetzte aufgehoben wird; deswegen ist es viel leichter, einen bereits sich bewegenden Körper in Bewegung zu erhalten, als einen ruhenden in Bewegung zu setzen, oder einen bewegten plötzlich in Ruhe zu bringen. Wer in starkem Laufe ist (besonders bergab), kann gewöhnlich nicht plötzlich halten. Der frei gehaltene obere Theil unseres Körpers schwankt rückwärts, wenn der Wagen, in welchem wir sitzen, schnell vorwärts gezogen wird; vorwärts, wenn derselbe plötzlich hält oder rückwärts gezogen wird. Auf Schiffen ereignet sich das Nämliche. Reiter können über den Hals des Pferdes geschleudert werden, oder fallen hinter das Pferd, je nachdem dieses plötzlich still steht, oder sich unerwartet in Lauf setzt. Aus einer Säule

von Dambrettscheiben mit ebenen Flächen kann man eine Scheibe herausschlagen, ohne daß die Säule einstürzt. Legt man eine Münze auf ein Kartenblatt, mit dem man ein Trinkglas bedeckt hat, und schnellt das Kartenblatt rasch bei Seite, so fällt die Münze ins Glas. Der Stiel einer kölnischen Pfeife, die auf zwei gespannten Haaren ruht, kann zerschlagen werden, ohne daß die Haare reißen. Von einer kölnischen Pfeife trennt sich der Kopf, wenn man der Länge nach aufs Rohr schlägt. Den Hammer macht man am Stiele fest, indem man auf das freie Ende des letzteren schlägt. Eine abgeschoßene Flintenkugel macht in eine Fensterscheibe ein Loch, aber keine weiteren Sprünge. Der Maurer zerschlägt Steine auf der platten Hand, ohne sich wehe zu thun. — Aus all diesem erkennen wir:

1) wenn ein Körper in Bewegung ist, so bleibt er so lange in Bewegung, bis eine Kraft oder ein Widerstand sie aufhebt; — ist ein Körper in Ruhe, so bleibt er in Ruhe bis eine Kraft diesen Zustand aufhebt. Dieß ist das Gesetz der Trägheit.
2) Ruhe und Bewegung theilen sich nicht allen Theilen eines Körpers zugleich mit.

§. 28. Die bewegenden Kräfte.

Die bewegenden Kräfte sind entweder belebte (Menschen und Thiere), oder leblose (Gewichte, elastische Federn, Waßer, Luft, Dampf ꝛc.). Als mittlere Leistung eines Menschen nimmt man die Kraftentwicklung an, mit welcher er 25 ℔ mit einer Geschwindigkeit von $2^1/_2{}'$ in der Secunde während einer täglich 8 Stunden andauernden Arbeit fortbewegt. Soll größere oder kleinere Geschwindigkeit entwickelt werden, so muß das Gewicht verkleinert oder vergrößert werden; und umgekehrt. — Die Kraft der Pferde wird sehr häufig zur Vergleichung genommen, um die Leistung eines Waßerrades oder einer Dampfmaschine u. s. w. auszudrücken. Eine Pferdekraft (d. h. die augenblickliche mittlere Leistung eines Pferdes ist gleich der Bewegung von ungefähr 550 engl. ℔ auf die Höhe von 1′ englisch, oder von 75 Kilogramm auf die Höhe von 1 Meter = $3^2/_5{}'$ bayer.

in der Secunde. Dabei ist noch zu bemerken, daß ein Pferd täglich 8 Stunden, eine Maschine aber 24 Stunden arbeiten kann; weshalb eine fortwährend thätige Maschine von 6 Pferdekräften in Wirklichkeit die Arbeit von 18 Pferden ersetzt.

Eine Kraft, welche Bewegung erzeugt, wirkt entweder nur einmal, oder öfter; in merklichen oder unmerklichen Zeitperioden, und bleibt, immer von gleicher Stärke und Richtung, oder auch nicht. Im ersten Falle geht der Körper, wenn ihn nichts hindert, vermöge seiner Trägheit in gerader Richtung gleichförmig so fort, daß er in gleichen Zeiten gleiche Räume durchläuft. Im letzten Falle ist seine Bewegung ungleichförmig; dabei aber seine Bahn entweder geradlinig, oder gebrochen, oder krummlinig u. s. w.

Wirken zwei bewegende Kräfte gleichzeitig auf einen Punkt eines Körpers, so sind folgende drei Fälle zu unterscheiden:

a) Die Kräfte wirken nach einer und derselben Richtung, so ist die Wirkung dieselbe, wie wenn eine einzige Kraft in derselben Richtung auf den Körper wirkte, deren Größe die Summe beider Kräfte ist.

b) Die Kräfte wirken in genau entgegengesetzten Richtungen, und sind

  aa) einander gleich; — dann vernichten sie sich gegenseitig: „sie halten sich im Gleichgewicht"; wie wir dies z. B. bei den gespannten Instrumenten-Saiten sehen, oder bei einem am Seil gehaltenen Schiff;

  bb) ungleich; — dann wird der größeren Kraft so viel an Wirkung genommen, als die kleinere beträgt, und der Körper bewegt sich in der Richtung der größeren Kraft, wie wir dies bei gezogenen Schiffen, zumal gegen die Strömung, sehen.

c) Die Kräfte wirken unter einem Winkel; — dann hat der Körper das Streben, sich mit mittlerer Kraft in mittlerer Richtung zu bewegen, wenn er nicht daran gehindert wird. Dieses kommt vor: an den Balkengefügen eines Daches, an einem quer über den Fluß segelnden Fahrzeuge, an einem vom Mastbaume eines segelnden Schiffes herabfallenden Gegenstande, am schief herabfallenden Regen, an einer bei

windigem Wetter abgeschoßenen Kugel, an vielen Künsten der Seiltänzer und englischen Reiter, am Fortschnellen eines Kirschkerns durch Druck zwischen den beiden Fingern. — Wenn man auf ein horizontales Brett (Fig. 1.) zwei senkrechte Drähte so befestigt, daß die durchbohrte Kugel r beim Herabfallen die freiliegende Kugel k nach b treibt, während die Kugel s dieselbe nach a treiben würde, so bewegt sich die Kugel k nach c, wenn beide Kugeln r und s zu gleicher Zeit bewegend auf k wirken. Die geradlinige Figur k a c b ist ein Parallelogramm, die Linie k c dessen Diagonale; man spricht daher, wenn mehrere Kräfte in zwei verschiedenen Richtungen auf einen Punkt eines Körpers wirken, von einem Parallelogramm der Kräfte, und sagt: der Körper strebt in diesem Falle sich auf der Diagonale des Parallelogramms zu bewegen, welche sowohl Richtung als Länge der Bahn zugleich vorstellt.

§. 29. Der Schwerpunkt.

Wenn man einen festen Körper an zwei verschiedenen Punkten nach einander frei aufhängt, und beidemal sich eine senkrechte Linie vom Aufhängungspunkte durch den Körper gezogen denkt, so müßen diese zwei Linien sich innerhalb des Körperraumes durchschneiden, und wenn man den Körper in diesem ausgezeichneten Punkt aufhängt oder unterstützt, so bleibt er in Ruhe, obgleich die übrigen Theile des Körpers keine Unterlage haben. Auf solche Weise läßt sich bei jedem festen Körper ein Punkt finden, den man nur zu unterstützen oder zu bewegen braucht, um den ganzen Körper in dem Zustand der Ruhe oder der Bewegung zu erhalten. Weil sonach in diesem wichtigen Punkte die ganze Schwere und Wirkung des Körpers vereinigt scheint, so nennt man ihn den Schwerpunkt, und dieser ist auch im vorigen § immer als Angriffspunkt der Kräfte gemeint. Nur bei regelmäßig geformten Körpern, deren Masse überall oder schichtenweise gleiche Dichtigkeit besitzt, (welche homogen sind), fällt der Schwerpunkt mit dem Mittelpunkte zusammen; so bei massiven Kugeln, Cylindern, Prismen ꝛc. (In Wirklichkeit jedoch selten, da die Massen immer stellenweise verschieden dicht sind; daher es kommt, daß z. B. selbst die

gedrehten Geschützkugeln und Büchsenkugeln meistens eine „schwere Seite" haben, mit welcher sie auf die Schußladung gesetzt werden müßen, wenn man auf Regelmäßigkeit und Sicherheit der Schüße einigermaßen will rechnen können, weil sonst die Wirkung der Ladung nicht durch den Schwerpunkt und Mittelpunkt des Wurfkörpers zugleich geht, ihn also von der beabsichtigten Bahn abirren macht, was bei Kanonenkugeln oft den vierten Theil der Wurfweite beträgt. Bei homogenen Ringen, Reifen, hohlen Cylindern 2c. liegt der Schwerpunkt in der Regel nicht im Körper selbst, sondern in dem Raume, den der Körper umschließt. Bei soliden kegel= und pyramidenförmigen Körpern liegt der Schwerpunkt um ein Viertel der ganzen Höhe über dem Mittelpunkt der Grundfläche, und zwar in der Verbindungslinie der Spitze mit diesem Mittelpunkte der Grundfläche. Ist die Anordnung der Theile eines Körpers — wie bei sich bewegenden Maschinen, Menschen und Thieren — veränderlich, so beharrt auch der Schwerpunkt nicht auf einer und derselben Stelle. Das Gehen ist nichts anderes, als ein abwechselndes Verrücken und Wiederunterstützen des Schwerpunktes, der beim Menschen in die Mitte zwischen beide Hüftknochen fällt. Wer eine Last auf dem Rücken trägt, oder bergan steigt, neigt den Körper vorwärts, weil außerdem sein Schwerpunkt außerhalb der Unterstützungsfläche fiele. Wer auf der rechten Seite eine Last trägt, neigt den Körper auf die linke. — So lange der Schwerpunkt unterstützt ist, befindet sich der Körper im Gleichgewicht. Denkt man sich die Scheibe (Fig. 2) in allen Theilen von gleicher Dichte und in c deren Schwerpunkt, so wird dieselbe in allen Lagen im Gleichgewicht sein, wenn durch c eine feste horizontale Axe geht (indifferentes oder vollkommenes Gleichgewicht); geht die Axe durch das obere Loch a, und man dreht die Scheibe nur wenig um die Axe a, so ist der Schwerpunkt nicht mehr aufgehängt, die Scheibe wird so lange hin und her schwingen, bis der Schwerpunkt senkrecht unter a ist (stabiles Gleichgewicht). Geht die Axe durch b und es wird der Schwerpunkt nur im mindesten aus der senkrechten Lage über b entfernt, so kehrt er nicht mehr in diese Lage zurück, sondern macht

einen Halbkreis, bis er senkrecht unter b zu liegen kommt (labiles Gleichgewicht.) — Die Stehaufmännchen, die falschen Würfel, der aufwärts rollende Cylinder, der an einem seiner innern Punkte mit Blei beschwert ist — sind Beispiele des labilen Gleichgewichts, und wir erkennen aus denselben, daß bei jedem dieser Körper sein Schwerpunkt möglichst nahe seiner Grundfläche liegt, daß also 1) ein Körper um so fester steht, je geringer die Entfernung des Schwerpunktes von der Grundfläche des Körpers ist. Beim Beladen der Wägen und Schiffe legt man daher die schwereren Gegenstände immer in die unteren Räume; und wenn eine Kutsche umzufallen droht, so wäre es von den Darinsitzenden sehr unklug, aufzustehen, weil dadurch der Schwerpunkt des Ganzen höher gelegt würde. — Seeleute auf schwankenden Schiffen, Fechter rc. stehen mit ausgespreizten Beinen; hohe Gebäude, Thürme rc. sind unten breiter als oben; auf Stelzen kann man nicht längere Zeit ruhig stehen. Wir erkennen daraus: 2) ein Körper steht um so fester, je breiter seine Grundfläche ist. — Jeder Körper fällt um so leichter um, je leichter es ist, seinen Schwerpunkt über seine Grundfläche hinaus zu bringen; so lange aber die senkrechte Linie durch den Schwerpunkt noch innerhalb der Unterstützungsfläche den Boden trifft, so lange fällt auch der Körper nicht um. Deswegen steht ein 300′ hoher Thurm zu Pisa und ein 100′ hoher zu Bologna noch fest, obgleich jener 12′, dieser 9′ überhängt. Das Balanciren, die Künste der Seiltänzer und zum Theil der englischen Reiter beruhen nur auf der Sicherheit, den Schwerpunkt des balancirten oder des eigenen Körpers immer innerhalb der Unterstützungsfläche zu erhalten.

Wie muß man einen Menschen stellen, daß er nicht auf Einem Beine stehen könne? wie, daß er mit seinen Händen etwas auf dem Boden Liegendes nicht aufheben könne? wie muß man ihn setzen, damit er nicht aufstehen kann?

§. 30. Hindernisse der Bewegung.

Luft, Waßer u. dergl., welche die festen Körper umgeben, müßen (vergl. § 2) verdrängt werden, wenn sich

ein Körper in ihnen bewegt. Man nennt sie das **Mittel**, in welchem sich die Körper bewegen, und den Widerstand, welchen sie der Bewegung derselben entgegensetzen, **Widerstand des Mittels**. Es ist leicht einzusehen, daß derselbe um so größer ist, a) **je dichter das Mittel ist**; daher sichs im Waßer schwerer geht und fährt, als in der Luft, (Dampfschiff, Locomotive), und ein Körper im Waßer langsamer fällt, als in der Luft; b) **je schneller die Bewegung ist**; daher wir den Widerstand der ruhigen Luft nur bei schnellem Laufen spüren; c) **je größer die Fläche ist, durch welche das Mittel zertheilt wird**; daher Fische, Vögel, Schiffe, Bahnschlitten rc. vorne spitz zulaufen, und die Linse am Perpendikel der Wanduhr am Rande geschärft ist, während im Gegentheil Fallschirme und Flugräder an den Uhren möglichst viel Fläche haben. — Auf Eisenbahnen ist der Widerstand der Luft sehr merklich: ein Locomotivzug von 70 Quadratfuß Vorderfläche erleidet bei einer Geschwindigkeit von 7 deutschen Meilen in der Stunde einen Widerstand, als ob er auf horizontaler Bahn um 200 Centner schwerer beladen wäre. — Der Nutzen des Widerstandes zeigt sich beim Schwimmen, beim Rudern, beim Fliegen der Vögel, beim Fallen u. s. w.

Vergleichen wir die Bewegung eines und desselben Körpers auf einer Eisfläche, auf einer Eisenbahn, auf einer gewöhnlichen Landstraße: so wird uns klar, daß die Unebenheit der Fläche, über welche sich ein Körper hinwegbewegt, gleichfalls die Bewegung der Körper beeinträchtigt. Kein Körper ist vollkommen eben; es müßen also bei der Bewegung die Erhöhungen des einen in die Vertiefungen des andern einsinken und dadurch gegenseitig Widerstand leisten. Man nennt diesen Widerstand **Reibung**. Rollt ein Körper über seine Unterlage hinweg, wie z. B. die Wagenräder, so nennt man die Reibung die **rollende**; gleitet er über dieselbe, wie z. B. das durch den Radschuh am Umdrehen gehinderte Wagenrad oder der Schlitten, so nennt man dies die **gleitende Reibung**; die rollende ist aber in ihrer Wirkung viel geringer, als die gleitende Reibung. Aus zahlreichen Versuchen mit allen Körpern, die bei Maschi-

nen und bei Bauten verwendet werden, unter mittleren Pressungen, wie sie im praktischen Leben vorkommen, und mit allen gebräuchlichen Schmieren, geht hervor:

1) daß die gleitende Reibung unabhängig ist von der Geschwindigkeit der Bewegung. Bei größerer Geschwindigkeit reiben zwar in derselben Zeit mehr Theile einander, aber sie haben auch in dem nämlichen Maße weniger Zeit, mit ihren Erhöhungen und Vertiefungen gegenseitig in einander einzudringen. Wird aber die Geschwindigkeit so groß, daß ein Erhitzen und Angreifen der über einander gleitenden Körper stattfindet, weil das Schmiermittel nicht mehr seinen Dienst thut, so nimmt die Reibung sehr bedeutend zu.

2) Die gleitende Reibung ist unabhängig von der Größe der Berührungsflächen. Wenn auch bei größeren Berührungsflächen mehr Punkte gegenseitig reiben, so wird doch in dem nämlichen Verhältnis jeder einzelne Punkt weniger gedrückt, weil sich der Gesammtdruck auf eine größere Fläche vertheilt. Nur darf nicht etwa die Adhäsion größer sein, als der Druck, weil die Adhäsion mit der Größe und Glätte der Berührungsflächen zunimmt.

3) Die gleitende Reibung ist von dem Druck der beiden sich reibenden Körper abhängig. Nur bei ganz geringem Drucke wirkt die Adhäsion stärker, als die Reibung. Doppelter, 3facher ꝛc. Druck bringt auch doppelte, dreifache ꝛc. Reibung hervor.

4) Die Reibung geschmierter Flächen ist geringer, als die Reibung trockener Flächen, und sie hängt in diesem Falle von der Beschaffenheit und dem Stoffe der reibenden Körper, und von der Natur des Schmiermittels ab.

Die in diesen 4 Punkten angeführten Erfahrungen beziehen sich auf Reibungen bei nicht zu großer Geschwindigkeit und nicht zu großem Druck auf die Flächeneinheit. Wird aber der Druck und die Geschwindigkeit gleichzeitig sehr bedeutend groß, wie z. B. bei sehr schnell umlaufenden Zapfen an Mühleisen,

Turbinen, Ventilatoren, Locomotiven und Eisenbahnwagen, so zeigt sich deutlich, daß einestheils 1) Geschwindigkeit der Bewegung und 2) Druck auf die Flächeneinheit, (z. B. den Quadratzoll), sowie anderntheils 3) Beschaffenheit und 4) Stoff der reibenden Körper nebst 5) der Art des Schmierens allerdings wesentlichen Einfluß auf die Reibung ausüben, da sich mitunter eine Erhitzung bis zum Zusammenschweißen von Zapfen und Lager einstellt. Aus alle dem geht hervor, daß die zuletzt erwähnten 5 Punkte Faktoren der Reibung sind, welche unter gewöhnlichen Umständen aber, keine sehr in die Sinne fallende Wirkungen hervorbringen, daher nicht beobachtet werden konnten. Wenn die Körper eine Zeit lang in Ruhe waren, so ist die Reibung im Anfang, wo man Bewegung herstellen will, immer größer, als wenn sie schon in Bewegung sind. — Die nämlichen Gesetze gelten für die rollende Reibung. In Beziehung auf Fuhrwerke, welche sich auf Steinpflaster oder auf festgefahrener Straße bewegen, haben die ausgedehnten Versuche von Morin außer dem oben Angeführten noch zu folgenden Ergebnissen geführt: 1) der Widerstand gegen den Zug ist in eben dem Verhältnis geringer, in dem der Durchmeßer der Räder zunimmt. 2) Er ist unabhängig von der Anzahl der Räder und beinahe unabhängig von der Breite der Felgen. Auf zusammendrückbarem Boden nimmt dieser Widerstand ab, wenn die Breite der Felgen zunimmt. Auf frisch beschütteten Straßen und auf Pflaster wächst der Widerstand mit der Geschwindigkeit. Bei gleicher Belastung bringen schmale Räder mehr Schaden als breite; kleinere greifen die Straße mehr an, als große. In Federn gehängte Wägen greifen die Straßen weniger an, als Fuhrwerk ohne Federn.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß die Reibung vermindert wird: 1) durch Glätten und Poliren der Oberflächen, d. h. durch längere Fortsetzung der Reibuug, weil dadurch die Erhöhungen und Vertiefungen abgerißen werden, wie z. B. beim Schleifen auf Schleifsteinen ꝛc. Auf einer Eisenbahn kann ein Pferd 10 bis 15mal so viel Last ziehen, als auf einer gewöhnlichen Straße, bei gleicher Geschwindigkeit.

2) Durch Ausfüllen der Vertiefungen mit Oel, Fett ꝛc. (Schmieren der Wagenräder);

3) durch Verwandlung der gleitenden Reibung in die rollende (große Lasten bewegt man auf Walzen, Kugeln ꝛc.).

So nachtheilig bei bewegten Körpern die Reibung auf deren Schnelligkeit wirkt, so nützlich ist sie in den Fällen, wo der Körper eine feste Lage haben soll. Ohne Reibung könnten wir weder ordentlich gehen, noch stehen (Eis); wir könnten in manchen Richtungen nichts halten, weder mit der Hand, noch mit einer Zange; es könnte kein Paket mit Stricken festgebunden werden; alle leichten Gegenstände auf der Straße würde der Wind fortführen. Zur Vermehrung der Reibung bestreut man das Glatteis und die Eisenbahnschienen mit Sand; Drechsler kreiden die zu drehenden Gegenstände, damit sie im Futter der Drehbänke festhalten, Violinspieler bestreichen den Bogen mit Colophonium; Fuhrleute führen durch den Radschuh bergab die gleitende Reibung herbei.

§. 31. Die einfachen Maschinen.

Jede Kraft wirkt zunächst in einer bestimmten Richtung. Soll sie aber auf einen Punkt wirken, der außerhalb dieser Richtung liegt, so muß durch besondere Vorrichtungen dieser Punkt mit einem in der Richtung der Kraft liegenden Punkte so verbunden werden, daß die Kraft auch auf ihn wirken kann. Eine solche Vorrichtung heißt Werkzeug, Instrument, Maschine. Alle Maschinen haben die Aufgabe, irgend einen Widerstand zu überwinden; man nennt diesen gewöhnlich Last, während man die Wirkung der Maschine Kraft nennt. Sämmtliche Maschinen laßen sich auf zwei Grundelemente zurückführen: den Hebel und die schiefe Ebene.

I. Ist eine unbiegsame Linie (Fig. 3, a b) an einem Punkte (c) unterstützt und wird sie um diesen Punkt nach entgegengesetzter Richtung durch die Kräfte k und l gedreht, so erhält man einen **Hebel**; c ist der Stützpunkt oder Drehpunkt des Hebels; die Theile ac und bc des Hebels heißen Hebelarme. Liegt der Stützpunkt zwischen den Angriffspunkten der Kraft und

der Last, wie Fig. 3, so heißt der Hebel zweiarmig; ist ein Endpunkt des Hebels Stützpunkt und wirkt sonach Kraft und Last auf der nämlichen Seite des Stützpunktes c (Fig. 4), so heißt der Hebel einarmig. Es ist leicht, durch Versuche die Gültigkeit folgender Sätze zu beweisen:

a) Der gleicharmige Hebel ist im Gleichgewicht, wenn Kraft und Last gleich groß sind.

b) Der ungleicharmige Hebel ist im Gleichgewicht, wenn die am kürzeren Arme wirkende Kraft die am längeren wirkende um das so Vielfache übertrifft, als der längere Hebelarm den kürzeren übertrifft.

c) Jeder Hebel ist im Gleichgewicht, wenn die Producte der Zahlen für die Länge der Arme und der zugehörigen Kräfte gleich sind. Ist z. B. der eine Hebelarm 3′ lang und es wirkt an ihm eine Kraft von 5 ℔, so hätte man an dem anderen Arme, dessen Länge 7 ½′ wäre, nur eine Kraft von 2 ℔ nöthig.

Die im gemeinen Leben am häufigsten vorkommende Anwendung des gleicharmigen Hebels ist die **Krämerwage**. Bei einer guten Wage sollen die beiden Hebelarme vollkommen gleich lang und gleich schwer sein; dies prüft man, indem man die beiden Schalen abnimmt, dann auch vertauscht und jedesmal zusieht, ob die Wage ohne Schalen so gut wie mit denselben und mit den vertauschten Schalen einspielt. Die Wage muß sich ferner leer und gleich belastet, immer horizontal stellen, und wenn sie aus der horizontalen Lage gekommen ist, durch Gleichmachen der Gewichte nach einigen Schwingungen wieder in dieselbe zurückkehren („sie muß Stabilität haben;" vgl. §. 29). Dazu ist nothwendig, daß die Dreharе sich über dem Schwerpunkte des Ganzen befinde; denn wäre der Schwerpunkt in der Axe, so würde die Wage in jeder auch nicht horizontalen, Richtung ruhen; läge er über der Axe, so müßte bei dem geringsten Uebergewicht auf einer Seite der Schwerpunkt seitwärts von der Axe kommen und die Wage umschlagen. Die Masse im Wagbalken muß daher so vertheilt sein, daß der Schwerpunkt genau in der Verlängerung

der Zunge liegt. Eine gute Wage muß empfindlich sein, jedoch nicht mehr als für den Zweck nöthig ist; ein bestimmtes kleines Uebergewicht auf einer Seite muß einen sichtbaren Ausschlag bewirken; dazu muß die Reibung so gering als möglich, d. i. die Aufhängezapfen der Schalen und des Wagbalkens müßen möglichst hart und glatt sein, sie sollen ferner alle drei in einer geraden Linie liegen; dann soll der Wagbalken von entsprechender Länge und doch, nebst den Schalen nicht schwerer als nöthig sein, endlich muß der Schwerpunkt dem Stützpunkt möglichst nahe liegen.

Die Schnellwage (Fig. 5) ist ein ungleicharmiger Hebel. Am kürzeren Arme (ac) hängt die Last, am längeren (bc), mit nummerirten Theilstrichen versehenen Arme kann ein Gewicht (k), „der Laufer," hin und her bewegt werden. Es ist aus dem Obigen klar, daß der Laufer um so weiter gegen b hin rücken muß, je größer die Last l ist; daher ist auch bei d die niederste, bei b die höchste Zahl von Pfunden beigesetzt, welche auf dieser Wage gewogen werden können. Die Bedingungen der Stabilität und der Empfindlichkeit müßen auch hier wie oben erfüllt seyn.

Die Decimal-Brückenwage ist so eingerichtet, daß man an den Hebelarm der Kraft nur den 10ten Theil der Last zu hängen braucht. — Zum Wägen im luftleeren oder in einem andern abgeschloßenen Raume, ferner auf Postämtern zum Abwägen der Briefe, in Spinnereien zum Sortiren und zur Bestimmung wie viel Schneller einer Garnsorte auf ein Pfund gehen 2c., bedient man sich der Zeigerwagen (Fig. 6). Die Umdrehung findet in c statt, an dem Hebelarm ca ist ein unveränderliches Gegengewicht für den zweiten Hebelarm cd mit der Wagschale e; der Zeiger cb ist mit dem Hauptgewicht b am Winkelhebel dcb verbunden. Wenn die Wagschale unbelastet ist, steht der Zeiger cb auf dem Nullpunkt der Skala fg. Je mehr Gewicht in e aufgelegt wird, desto weiter wird der Zeiger cb in die Höhe getrieben. Die Theilstriche der Skala gelten gewöhnlich nur für Quint und Lothe.

Der ungleicharmige Hebel ist ein treffliches Mittel zum

Heben und Fortschaffen großer Lasten mittelst theilweise darunter geschobener Stangen; ferner um von zwei Personen von ungleicher Stärke eine Last an einer Stange tragen zu lassen, wenn die Last so daran gehängt wird, daß sie dem Stärkeren näher ist, als dem Schwächeren. Beispiele für den zweiarmigen Hebel überhaupt sind: die Tragbahre, die Stangen an der porte-chaise, die Zange, die Scheere, die Tasten des Claviers, die Klappen der Blasinstrumente, das Schaukelbrett, der Nußknacker, das Tragen zweier Lasten an einem über die Schultern liegenden Stabe ꝛc. Beispiele für den einarmigen Hebel: der Bohrer, der Schlüssel, der Schubkarren, die in der Angel bewegte Thüre, die Feuerzange, der ausgestreckte menschliche Arm. Beispiele für den Winkelhebel: der Glockenzugwinkel, die meisten Glieder des thierischen und menschlichen Körpers, wenn sie nicht straff ausgestreckt sind.

II. Eine kreisrunde Scheibe mit rinnenförmig ausgehöhltem Rande, in welchem ein Seil (Schnur, Kette) läuft, die sich um ihren Mittel- und Unterstützungspunkt drehen kann, heißt eine **Rolle**. Kann sie sich bloß um ihre Axe drehen, ohne ihren Ort zu verändern, so heißt sie f e s t (Fig. 7); bewegt sie sich während der Umdrehung um ihre Axe auch noch auf- oder abwärts, so heißt sie l o s e, auch b e w e g l i c h. Bei der festen Rolle findet ohne Reibung Gleichgewicht statt, wenn an beiden Enden der darüber geschlungenen Schnur gleiche Lasten hängen. Sie ist ein gleicharmiger Hebel, dessen Unterstützungspunkt in der Mitte der Rolle liegt. Ihr Zweck ist nicht Kraftersparnis, sondern Bequemlichkeit durchs Ziehen, um der wirkenden Kraft diejenige Richtung zu geben, in welcher sie sich am wirksamsten äußern kann. — Bei der beweglichen Rolle (Fig. 8) hat jedes der Seile a b und b e die Hälfte der Last c zu tragen, es findet daher ohne Reibung Gleichgewicht statt, wenn die Kraft d an der festen Rolle c halb so groß ist, als die Last c. Da somit jede bewegliche Rolle das Heben einer Last wenn auch ums Doppelte verlangsamt, so doch fast um die Hälfte erleichtert, und darum auch schwächere Seile und Ketten zulässig macht, so werden häufig mehrere bewegliche

Rollen mit mehreren unbeweglichen Rollen zu einem Flaschenzug verbunden. Figur 9 stellt den gemeinen Flaschenzug dar; die drei festen Rollen (a, b, c) sind mit einander zu einer Flasche verbunden, eben so die drei beweglichen (d, e, f); das Seil beginnt bei dem Haken 1, schlingt sich um die Rolle d, geht dann um c, e, b, f, a, und am Ende wirkt die Kraft k, in l hängt die zu hebende Last. Diese wird durch die 6 Seile g, h, i, m, o, n getragen, auf jedes Seil trifft, von Reibung 2c. abgesehen, sonach der 6te Theil der Last; ist diese z. B. 100 Centner, so sollte sie durch $\frac{100}{6} = 1667$ ℔ in k im Gleichgewicht erhalten und bei einem kleinen Uebergewicht gehoben werden. Dem ist aber in Wirklichkeit nicht so; denn die Seile setzen mit zunehmender Dicke der Bewegung einen viel größern Widerstand entgegen, als dünnere Seile, und dann erzeugt die Umdrehung der Rollen so starken Druck, eine namhafte Zapfenreibung, so daß, wenn Bewegung der Last aufwärts eintreten soll, die Kraft k um ein Merkliches verstärkt, wenn Bewegung der Last abwärts erfolgen soll, um ebenso viel vermindert werden muß. Fast ein Viertel der 1667 ℔ kommt auf Zapfenreibung und nahe weitere drei Fünftel der 1667 ℔ auf Seilwiderstand, so daß also in Summa nicht etwa 16½ Centner, sondern nahe 30 Zentner in k zum Aufwärtsbewegen der Last, und nur etwa 3⅓ Centner in k zum Abwärtsbewegen der Last nothwendig sind. Diese genauen Rechnungen laßen sich jedoch nicht so einfach darlegen, wie es in dieser Schrift nöthig wäre.

Es leuchtet aus diesem Beispiele jedoch ein, daß man für das Gleichgewicht die Kraft — kaum annähernd — findet, wenn man mit der doppelten Anzahl der beweglichen Rollen in die Last dividirt. Zugleich ist aber klar, daß die Kraft k einen 6 mal größern Weg macht, als sich die Last in der nämlichen Zeit hebt. Wenn daher auch an Kraft erspart wird, so geht dafür viel an Zeit verloren. Es kommt daher immer darauf an, ob man über Kraft, oder über Zeit zu gebieten hat, um sich für die eine oder andere Art der Lastbewegung entscheiden zu können. — Die nämliche Kraftersparnis wird erzielt, wenn

man, wie in Fig. 10 die beweglichen Rollen in das Gehäuse a, die unbeweglichen in das Gehäuse b einschließt. — In Figur 11 ist die Last in e, sie wird durch die Seile d und d getragen; die Seile c und c tragen also den 4ten, b und b den 8ten Theil der Last, in a genügt daher von allen Widerständen abgesehen, der 8te Theil von dem Gewichte e, um Gleichgewicht herzustellen. Man findet für diesen Rollenzug (Potenzflaschenzug genannt) die Kraft, wenn man die Zahl 2 so oft mit sich selbst multiplicirt, als bewegliche (3) Rollen vorhanden sind, und mit diesem Product in die Last dividirt. In Wirklichkeit gestaltet sich das jedoch, wie vorhin bemerkt wurde, ziemlich anders. Die Reibungs- und Seilwiderstände machen z. B. bei einer Last von 60 Centnern an diesem 3fachen Rollenzug, nahezu die Hälfte der so berechneten Kraft mehr oder weniger nöthig, je nachdem die Last gehoben oder gesenkt werden soll. — Da bei diesem Rollenzug für die unterste Rolle ein viel stärkeres Seil nothwendig ist, als beim gewöhnlichen Flaschenzug, so findet er schon aus diesem Grunde keine practische Anwendung. Mit der Zeit verhält sichs ähnlich wie oben.

III. Setzt man an die Stelle der Rolle einen Cylinder (Wellbaum) und verbindet diesen so mit einem Rade, daß die Axe des Cylinders durch den Mittelpunkt des Rades geht, so hat man das Rad an der Welle. Die Last hängt an einem Seile, welches sich um die Welle windet; die Kraft wirkt am Umfang des Rades. Die Kraft ist für den Fall des Gleichgewichtes und ohne Reibung u. s. w. der so vielte Theil der Last, so vielmal der Durch- oder Halbmeßer der Welle im Durch- oder Halbmeßer des Rades enthalten ist, wie beim Hebel. Da sich aber das größere Rad natürlich nur eben so oft umdreht, als die Welle, so geht hier wieder eben so viel an Zeit verloren, als an Kraft erspart wird. — Liegt die Welle horizontal, so daß also das Rad senkrecht steht, so heißt die Vorrichtung Haspel; findet das Umgekehrte statt, so heißt sie Göpel oder Erdwinde. Bei dieser wird das Rad gewöhnlich durch einen oder einige Hebelarme vertreten, welche wagrecht durch die senk-

recht stehende Welle gesteckt werden; die Länge derselben stellt den Halbmeßer des Rades dar. Die Kurbeln, Treträder, Tretscheiben, die bewegende Maschine in Waßer-, Wind- und Pferdmühlen sind Anwendungen des Rades an der Welle. Auch hier beim Wellrad verursacht Reibungs- und Seil-Widerstand eine wesentliche Aenderung in der Größe der Kraft, ähnlich wie beim Flaschenzug.

IV. Legt man schief an einen Wagen von 3′ Höhe eine Schrotleiter von 9′ Länge (d. h. 3mal so lang), so kann man eine Last von 6, 9, 12 Centnern mit einer Kraft von 2, 3, 4 Centnern im Gleichgewicht erhalten, und was 3 gleich starke Männer senkrecht auf den Wagen zu heben im Stande wären, kann auf diese Weise schon einer hinaufrollen (aber nicht leicht hinauf schieben). Dies ist die alltägliche Anwendung der **schiefen Ebene**, bei welcher man immer, von Reibung abgesehen, das so Vielfache an Kraft erspart und an Zeit verliert, so vielmal die Höhe der Ebene in deren Länge enthalten ist. Sie ist daher überall von Wichtigkeit, wo es sich darum handelt, Last mit geringerer Kraft in die Höhe zu bringen oder langsam abwärts rollen oder gleiten zu laßen. Jeder Weg, der eine Anhöhe hinaufführt, ist eine schiefe Ebene; man führt die Straßen auf steile Höhen nicht gerade aus, sondern in Windungen. Bei Bauten werden häufig die Materialien auf schiefen Ebenen in die Höhe geschafft oder herabgelaßen. Z. B. die Abstaplung der Schiffe, wobei jedoch, zur Verminderung der sehr bedeutenden gleitenden Reibung, die Bahn geschmiert wird.

V. Der Keil ist gewöhnlich aus zwei schiefen Ebenen zusammengesetzt und dringt daher leicht in verschiedene Körper ein; man braucht ihn daher, um Holz- und Steinmassen zu spalten, um Körper fest an einander zu drücken, zum Pressen; auf den Werften werden die Schiffe durch Keile gehoben, welche man unter den Kiel derselben treibt rc. Beil, Axt, Meisel, Messer, Scheere, Grabstichel, Nadel, Hobeleisen, Drehstahl, Zähne der Sägen, Feilen; Schneidezähne der Thiere.

VI. Die Schraube ist eine um einen Cylinder gewundene schiefe Ebene. Die Hervorragungen heißen Schrauben-

gänge. Diese paßen in die Vertiefungen der Schraubenmutter. (Beim Einschrauben in Holz entsteht oft erst die Schraubenmutter.) Ist die Schraubenmutter fest und es wird die Schraubenspindel aufwärts gedreht, so kann eine daran hängende Last mit weniger Kraftaufwand gehoben werden, als unmittelbar; obgleich die Reibung zwischen Spindel und Mutter ziemlich viel Kraft verbraucht; freilich geschieht dabei die Hebung auch vielemale langsamer. Um aus der Schraube eine kräftige Maschine zu machen, läßt man die Kraft, welche die Umdrehung bewirkt, nicht unmittelbar am Umfange der Schraube, sondern an einem Hebelarme wirken, wie z. B. an allen Schraubenpressen. Die Buchbinder- und Buchdruckerpresse, die Most- und Oelpresse, die Schraubzwinge, der Schraubstock 2c. sind Anwendungen der Schraube.

Allgemeines Gesetz: Die Kraft, welche bei Maschinen für das Gleichgewicht ohne Reibung u. s. w. nothwendig ist, steht zur Last umgekehrt in dem nämlichen Verhältnis, wie der von der Kraft zurückgelegte Raum zu dem von der Last durchlaufenen Raum, wenn Bewegung eintritt. Was zur Ueberwältigung einer Last an Kraft gewonnen wird, geht an der dazu erforderlichen Zeit verloren. Die Reibungs- und sonstigen Widerstände führen übrigens noch andere Kraftaufwände herbei, welche in der Praxis nicht unberücksichtigt bleiben dürfen.

§. 32. Gravitation. — Fall. —

I. Jeder Körper drückt auf seine Unterlage, oder fällt, wenn diese weggenommen wird, zur Erde. Die Richtung, in welcher er ungehindert fällt, ist immer senkrecht (lothrecht, vertical). Die Ursache davon ist keine andere, als daß die Erde (der größere Körper) und jeder auf ihr befindliche (kleinere) Körper sich gegenseitig anziehen, nach §. 28. bb. So ziehen aber alle Massen einander an, und je größer die Masse eines Körpers ist, desto bedeutender ist seine Anziehungskraft. Sie geht nicht von der Oberfläche des Körpers aus, sondern von der Gesammtheit aller seiner Theilchen,

wirkt also bei der nahezu kugelförmigen und wenigstens schichtenweise homogenen Erde in der Richtung vom und zum Mittelpunkte derselben, wenn der angezogene Körper außerhalb der Erde gedacht wird; denn im Innern der Erde ist natürlich die Anziehungskraft des Erdkörpers auf einen dort befindlichen Köper um die Wirkung dieser ganzen äußern Erdschichte geringer, ja im Erdmittelpunkt ist sie völlig unwirksam. Daß die Anziehung eines Körpers auf einen andern, in

2-, 3-, 4-, 5facher Entfernung der Körperschwerpunkte um das

4-, 9-, 16-, 25fache schwächer ist; d. h. das Gesetz: daß die Anziehung nach dem Quadrate der Entfernung abnimmt, heißt das Gravitationsgesetz und wurde von Kepler gemuthmaßt, aber erst von Newton entdeckt und bewiesen, indem er nämlich um 1666 sich die Aufgabe stellte: wie muß die Größe und Richtung der Anziehungskraft der Erde beschaffen sein, welche bewirkt, daß sich der Mond genau nach den von Kepler aus Beobachtungen abstrahirten Naturgesetzen um die Erde bewegt? Diese damals schwere Rechnung ließ ihn das vorhin genannte Gesetz auffinden, welches er sodann an den übrigen Hauptplaneten und der Sonne bestätigt fand. Nun kehrte er aber die Aufgabe noch um, und fand, wenn ein mit anfänglicher Geschwindigkeit versehener Planet, vom Hauptplaneten mit einer solchen Kraft angezogen wird, welche nach dem Quadrat der Entfernung geschwächt ist, so muß er die Bahn in der Zeit so beschreiben, wie solches in den Keplerschen Naturgesetzen ausgesprochen ist. — Die Umdrehung der Erde vermindert die Intensität der Schwere etwas, und es läßt sich darthun, daß ein 17mal schnellerer Umschwung der Erde um ihre Axe hinreichen würde, die Körper auf der Erdoberfläche schwerlos zu machen. S. §. 35. Der Mond ist 52000 Meilen oder ungefähr 60 Erdhalbmeßer vom Erdmittelpunkt entfernt; also ist die Stärke der Anziehungskraft, welche der Schwerpunkt der Erde auf den Schwerpunkt des Mondes ausübt, $\frac{1}{60} \times \frac{1}{60} = \frac{1}{3600}$ d. h. nur der 3600ste Theil der

Anziehung, welche die Erde auf dieselbe Mondmasse, aber in einem Punkt der Erdoberfläche concentrirt ausüben würde.

Wäre die Erde vollkommen rund, so wäre die Anziehung auf allen Punkten gleich. Da aber die Pole dem Mittelpunkte der Erde um etwa $3^{7}/_{10}$ Meilen näher sind, als der Aequator, so muß die Anziehung vom Pol an mit Abnahme der Breiten um so schwächer werden, je mehr wir uns dem Aequator nähern. Deshalb wiegt ein Körper, der (auf der Federwage) bei uns ein Pfund wiegt, z. B. in Grönland mehr, in Senegambien weniger. Den Einfluß der Unebenheiten und abgeplatteten Kugelgestalt des Erdballes, d. h. der Entfernung des Erdschwerpunktes, auf das Gewicht der Körper erkennt man deutlich aus dem Umstand, daß z. B. die Masse eines Körpers, welche auf der Spitze des unter 30 Grad nördlicher Breite über dem Meere 26300 paris. Fuß hohen Dhawalaghiri 1000 ℔ wiegt, an der Meeresfläche des Aequators um $1^{1}/_{4}$ ℔ mehr, an der Meeresfläche des Pols aber um 7 ℔ mehr wägen würde.

An einem und demselben Orte der Erde werden alle Körper von gleichviel Masse mit gleicher Gewalt angezogen, sind gleich s c h w e r; denn Schwere ist nur das Ergebnis der Anziehungskraft der Erde auf die einzelnen Massentheile. Der Druck, welchen ein Körper auf seine Unterstützung ausübt, heißt sein G e w i c h t. Da alle Theile eines Körpers gleiches Bestreben haben, zu fallen, so muß das Gewicht mit der Menge der Theile zunehmen. Wenn also zwei Körper im luftleeren Raum gleiches Gewicht haben, so enthalten sie auch eine gleiche Menge körperlicher Theile oder gleiche M a s s e n.

II. Da die Anziehung der Erde auf einen fallenden Körper in jedem Augenblicke aufs Neue wirkt, so muß die Bewegung desselben eine gleichförmig beschleunigte sein. — Wenn ein Körper nicht abwärts geworfen wird, so ist seine Geschwindigkeit am Anfange der Fall-Bewegung Null; setzen wir erfahrungsmäßig die während einer ganzen Secunde durch die Anziehungskraft der Erde bewirkte Fallgeschwindigkeit = 2, und die in dieser Zeit das Nämliche leistende gleichförmige fingirte m i t t-

lere Geschwindigkeit = 1, so ist auch der ganze zurückgelegte Weg = 1. Zu der am Ende der 1sten Secunde schon vorhandenen Geschwindigkeit = 1, tritt in der 2ten Secunde die immerfortwirkende Anziehung der Erde hinzu und bewirkt für sich wieder eine Geschwindigkeit = 2, also eine Gesammt-Geschwindigkeit am Ende der 2ten Secunde = 4; die fingirte gleichförmige, mittlere Geschwindigkeit, welche eben so viel leistet, ist in dieser 2ten Secunde = 3 und folglich auch der zurückgelegte Weg = 3; der in beiden Secunden zurückgelegte ganze Weg = 4, u. s. f., wie folgende Tabelle zeigt:

Nummer der Secunde.	Geschwindigkeit am Anfange jeder Secunde.	Geschwindigkeit am Ende jeder Secunde.	Mittlere Geschwindigkeit während jeder Secunde und Weg in der einzelnen Secunde	Summe der Wege in den einzelnen Secunden, oder: Ganzer Weg am Ende jeder Secunde.
1	0	2	1	1
2	2	4	3	4
3	4	6	5	9
4	6	8	7	16
5	8	10	9	25
6	10	12	11	36
7	12	14	13	49
8	14	16	15	64
9	16	18	17	81
10	18	20	19	100

u. s. f.

Aus dieser ungefähren Darstellung ergibt sich: 1) die Geschwindigkeiten zu Ende der einzelnen Secunden wachsen in dem nämlichen Verhältnisse wie diese; erstere werden gefunden, indem man die Secundenzahl mit 2 multiplicirt; 2) die in den einzelnen Secunden durchfallenen Wege nehmen zu wie die ungeraden Zahlen und werden gefunden, wenn man jedesmal von dem vorhin erhaltenen Producte 1 abzieht; 3) die ganzen Fallhöhen, oder die vom Anfang der Bewegung bis zum Ende der jedesmaligen Secunde durchfallenen Räume, nehmen zu wie die Quadrate der Secundenzahlen. — Man hat beobachtet, daß unter mittleren Breiten und Höhen im luft-

leeren Raum ein Körper in der ersten Secunde 15 pariser Fuß frei fällt. Man hat sonach die obigen Producte für den freien Fall immer noch mit 15′ zu multipliciren, um die gesuchte Geschwindigkeit oder den fraglichen Raum zu erhalten.

Galiläi (1564—1642) fand diese Gesetze, indem er Körper von großen Höhen herabfallen ließ, wobei er den bedeutenden Luftwiderstand in Abzug brachte.

Rollt oder gleitet ein Körper ohne Reibung und Luftwiderstand auf einer schiefen Ebene herab, so wird seine Geschwindigkeit ebenfalls durch die Anziehungskraft der Erde, aber (nach §. 28. c. u. §. 31. IV.) nur im Verhältnis der Höhe zur Länge der schiefen Ebene fortwährend beschleunigt; die Gesetze für den freien Fall gelten daher auch für den Fall auf einer schiefen Ebene; wenn man nur die Fallzahl 15 jedesmal im Verhältnis der Höhe zur Länge der schiefen Ebene vermindert, weil die Fallbewegung gerade in diesem Maaß verlangsamt wird. Ist daher z. B. eine schiefe Ebene 60′ hoch und 300′ lang, so ist die Fallzahl jetzt nur $\frac{15}{5} = 3$. Zum freien Fallen durch die 60′ Höhe der schiefen Ebene gehören daher nach der vorigen Tabelle 2 Secunden ($4 \times \mathbf{15} = 60$) während zum Fallen durch die 300′ lange schiefe Ebene viel mehr Zeit, nämlich 10 Secunden gehören ($100 \times \mathbf{3} = 300$). Die Geschwindigkeit am Ende der Bewegung ist dagegen bei der schiefen Ebene und bei dem freien Fall durch g l e i c h e Höhe, vollkommen gleich; denn es wird $4 \times \mathbf{15} = 20 \times \mathbf{3} = 60'$. In den 10 Secunden aber, welche der Körper auf der schiefen Ebene braucht, um die Höhe von 60′ schief zu durchfallen, würde er bei freiem Fall $100 \times \mathbf{15} = 1500'$ d. h. 5mal weiter gekommen sein und zuletzt die Geschwindigkeit $20 \times 15 = 300$ erlangt haben. Die Gesetze von der schiefen Ebene finden außer den §. 31. IV. erwähnten Fällen ihre Anwendung beim Bau der Stiegen, der Treträder, der Kanäle, der Dach- und Kugelrinnen, der Wasserschrauben u. dgl., wobei jedoch die Widerstände genau in Rechnung gebracht werden müßen.

§. 33. Der Wurf.

a. Wenn ein Körper senkrecht abwärts geworfen wird, so wirkt die Anziehungskraft der Erde begreiflicherweise ebenso auf ihn ein, wie beim freien Fall. Hat der Körper durch den Wurf eine anfängliche und unveränderliche Geschwindigkeit von 10′, so fällt er in einer bestimmten Anzahl von Secunden so vielmal 10 Fuß, als es Secunden sind, und noch durch den Raum, welchen er nach den Gesetzen des freien Falles an und für sich zurücklegen würde, §. 28. a.

Sec.	Weg in der Secunde.	Endgeschwindigkeit.	Ganzer Weg.
1.	10 + 1 × 15 = 25′	10 + 2 × 15 = 40′	10 + 15 = 25′
2.	10 + 3 × 15 = 55′	10 + 4 × 15 = 70′	20 + 60 = 80′
3.	10 + 5 × 15 = 85′	10 + 6 × 15 = 100′	30 + 135 = 165′
4.	10 + 7 × 15 = 115′	10 + 8 × 15 = 130′	40 + 240 = 280′

u. s. f. unter der Voraussetzung, daß Luftwiderstand nicht vorhanden ist.

b. Wird ein Körper senkrecht aufwärts geworfen, so tritt der §. 28, bb. erwähnte Fall ein. Die Anziehungskraft nimmt ihm während des Aufsteigens so viel von seiner anfänglichen Geschwindigkeit, als sie ihm in der eben so vielten Secunde des freien Falles abwärts geben würde. Wird z. B. ein Körper mit einer Geschwindigkeit von 150′ senkrecht aufwärts geschleudert, so gibt dies folgende Resultate:

Sec.	Weg in der Secunde.	Endgeschwindigkeit.	Ganzer Weg.
1.	150 — 1 × 15 = 135′	150 — 2 × 15 = 120′	135′
2.	150 — 3 × 15 = 105′	150 — 4 × 15 = 90′	240′
3.	150 — 5 × 15 = 75′	150 — 6 × 15 = 60′	315′
4.	150 — 7 × 15 = 45′	150 — 8 × 15 = 30′	360′
5.	150 — 9 × 15 = 15′	150 — 10 × 15 = 0′	375′

Jetzt ist die Geschwindigkeit des aufsteigenden Körpers durch die Erdschwere völlig vernichtet, es tritt ein Augenblick der Ruhe ein und von nun an treibt ihn die Erdschwere frei fallend abwärts, bis er nach 5 Secunden unten wieder ankommt; denn 25 × 15 = 375. Zum Steigen und Fallen hat er je 5, im Ganzen 10 Secunden gebraucht. Allgemein:

es steigt ein Körper ohne Reibung und Luftwiderstand immer langsamer, bis er durch die Anziehungskraft der Erde seine Geschwindigkeit verloren hat, und man erhält die Dauer dieser Bewegung, wenn man aus der Tabelle in II. des §. 32. die zu seiner Wurfgeschwindigkeit gehörige Secundenzahl nimmt. Ein Waßerstrahl z. B., welcher eine Wurfgeschwindigkeit von 300′ hätte, würde — wenn Luftreibung keinen Widerstand leistete — 10 Secunden lang steigen, weil nur am Ende der 10ten Secunde die Schwerkraft erst eine Geschwindigkeit von 20 × 15′ = 300′ hervorbringt.

c. Wenn ein Körper in horizontaler Richtung geworfen wird, so behält er diese nicht bei, weil die Erdschwere ihn beständig anzieht: er beschreibt nach dem §. 28, c. Bemerkten eine krumme Linie, welche man Parabel nennt und die an dem Strahl einer Brunnenröhre ungefähr wahrgenommen werden kann; denn genau genommen ist diese Strahllinie keine vollkommene Parabel, weil Luft- und Reibungswiderstände die Bewegung ändern. Schießwaffen 2c. werden daher höher gerichtet, als das Ziel, d. i. der Körper steht, welcher getroffen werden soll. Eine ähnliche krumme Wurflinie, aber doppelt, beschreibt ein schief in die Höhe geworfener Körper, z. B. eine Bombe; jedoch ist die aufwärts gerichtete Flugbahn der abwärts gerichteten in Wirklichkeit nicht congruent, weil, wie auch beim springenden Waßerstrahl, Reibung und Luftwiderstand die Bewegung sehr verändern. Ist nämlich das Geschütz mit dem Ziel auf gleicher Höhe, so liegt der Scheitel der Flugbahn nicht in der Mitte zwischen dem Ziel und dem Geschütz, sondern ersterem näher. Die absolut größte Wurfweite bei einerlei Anfangsgeschwindigkeit des Geschoßes wird erreicht, wenn dieselbe etwas weniger als 45° mit dem Horizont bildet. Dieser Elevationswinkel ist aber dem Einfallswinkel des Geschoßes am Ziel nicht mehr gleich; letzterer ist vielmehr etwas größer, und die Geschwindigkeit zu Anfang und zu Ende der Flugbahn sind ebenfalls nicht mehr gleich. Der fallende Bahnzweig nähert sich daher der verticalen Fallbewegung immer mehr.

§. 34. Das Pendel.

Wenn ein Körper frei so aufgehängt und so gehalten wird, daß sein Schwerpunkt nicht senkrecht unter dem Aufhängungspunkte liegt, so strebt er vermöge der Schwere in jene Gleichgewichtslage zurückzukehren, sobald er losgelaßen wird, und sein Schwerpunkt bewegt sich deshalb in einem vertical abwärts gerichteten Kreisbogen, dessen Halbmeßer der Entfernung des Drehpunktes vom Schwerpunkt gleich ist, so lange, bis der Schwerpunkt senkrecht unter den Aufhängungspunkt kommt. Langt er aber in diesem Punkte an, so besitzt er seine größte Geschwindigkeit, und er stiege nun nach §. 33. b. vermöge des Gesetzes der Trägheit auf der entgegengesetzten Seite eben so hoch, als er anfänglich gefallen ist, wenn keine Hindernisse der Bewegung zu überwinden wären. In gleicher Weise schwingt er wieder zum Anfang zurück, und die hin- und zurückgehende Bewegung dauert in der Wirklichkeit so lang, bis der Widerstand der Luft und die Reibung am Aufhängungspunkte die Bewegung aufgezehrt und zur Ruhe gebracht haben, bis also der Schwerpunkt des Körpers senkrecht unter dem Aufhängungspunkte hängt. Dies läßt sich schon an den Seilschaukeln, beßer aber am Pendel beobachten, d. i. einer kleinen schweren Kugel, welche am Ende eines dünnen Fadens aufgehängt ist. — Durch Versuche sind folgende Hauptgesetze des Pendels in der Wirklichkeit leicht zu bestätigen:

1) das Gewicht der Kugel und deren Substanz hat nur dann keinen Einfluß auf die Schwingungsdauer, wenn der Schwingungsbogen kaum einige Grade beträgt; deßhalb braucht
2) ein und dasselbe Pendel zu merklich großen Schwingungen mehr Zeit, als zu kleinen; bei Schwingungsbogen von 2—3 Grad aber ist der Einfluß der Luft so gering, daß sie gleichzeitige Schwingungen geben, obwohl nach 1800 Schwingungen die Weite derselben um $^1/_3$ der anfänglichen Weite abgenommen hat.
3) Wenn man mehrere Pendel von ungleicher Länge hat, so schwingt das längste am langsamsten, das kürzeste am schnellsten; genauer: ein Pendel des 4, 9, 16, 25 (= 2

$\times$ 2, 3 $\times$ 3, 4 $\times$ 4, 5 $\times$ 5) mal so lang ist, als ein gegebenes, macht erst eine einzige Schwingung, wenn das gegebene 2, 3, 4, 5 Schwingungen macht. Dieses Gesetz läßt sich am einfachsten an einem Apparate Fig. 12 nachweisen, in welchem die Mittelpunkte der Kugeln a, b, c u. s. f., welche an sehr dünnen Fäden aufgehängt sind, 4 und 9mal so weit von m entfernt sind, als der Mittelpunkt von a.

Die Anwendung des Pendels zur Regulirung der Uhren lehrte zuerst Huyghens, ein Holländer, in der Mitte des 17. Jahrhunderts.

Die Pendelschwingungsdauer wird verändert durch Ab- und Zunahme der Anziehungskraft der Erde. Da der Erdhalbmeßer am Aequator ungefähr $^{3}/_{1000}$ größer ist als der am Pole, so ist dort (nach §. 32. I.) die Anziehungskraft schwächer, das Pendel schwingt langsamer und muß — um die gleichen Schwingungen wie an einem andern Orte zu machen — verkürzt werden. An den Polen verhält es sich umgekehrt. Die Pendellänge wächst und nimmt ab, mit der Größe der örtlichen Schwere. (Als der Astronom Richer 1672 von Paris nach Cayenne reiste, fand er, daß an letzterem Orte das Pendel langsamer schwinge, als an ersterem, und Newton schloß daraus, daß die Erde unter dem Aequator einen größern Durchmeßer haben müße, als an den Polen). Auf hohen Bergen schwingen gleich lange Pendel langsamer, als am benachbarten Meere, und an Pendeluhren, welche vom Gebirge in die Ebene gebracht werden, muß das Pendel um ein wenig verlängert werden, was gewöhnlich durch Herabrücken der Linse geschieht; wie wenig aber dazu schon hinreicht, kann man daraus sehen, daß ein Secundenpendel für unsere Gegenden 994 Millimeter = 3 $^{16}/_{100}$ Fuß rhein. lang ist, und daß diese Länge am Pol nur um 1 Linie länger, am Aequator nur um 1 Linie kürzer ist.

Wenn man einen Stab von durchgehends gleicher Dicke, Breite und Dichtigkeit an einem seiner Enden aufhängt und in Schwingungen versetzt, so schwingt er schneller, als ein einfaches Pendel von gleicher Länge; es gibt aber einen Punkt,

unten auf $1/_3$ der Stablänge den sogenannten Schwingungsmittelpunkt, der seine Schwingung gerade so vollzieht, als wenn in ihm die ganze Stabmasse zu einem einfachen Pendel vereinigt wäre. Der Mittelpunkt der Schwingung hat zugleich die weitere Eigenschaft, daß der Stab umgekehrt in dem Schwingungsmittelpunkt aufgehängt, eben so gleichzeitig schwingt, wie um die vorige Drehare; vorausgesetzt, daß nach dem Früheren der Ausschlag nicht groß und in beiden Fällen gleich genommen wird. Ist der Stab nicht durchgehends von gleicher Stärke und Dichte, so fällt der Schwingungsmittelpunkt weiter hinunter, wenn der Stab unten, — weiter hinauf, wenn der Stab oben mehr Masse hat. Dieser Punkt ist bemerkenswerth, weil in ihm die ganze Masse concentrirt erscheint und die Wirksamkeit des Stabes daher auch dort am größten ist. Ein Hieb mit dem Hammer, Schwerte oder Säbel trifft einen Körper im Schwingungsmittelpunkte am kräftigsten. Der Glockenschwengel ist unten bedeutend dicker, damit sein Schwingungsmittelpunkt, also die Hauptkraft, an den dickeren Glockenkranz schlage. (Bei der Glocke muß außerdem noch die Aufhängung des Schwengels so geschehen, daß derselbe nicht gleichzeitige Schwingungen mit dem Mantel mache, weil in letzterem Fall die Glocke nicht zu läuten wäre; man könnte diesem Fehler aber leicht dadurch abhelfen, daß man dem Schwengel eine andere Gestalt gibt, wodurch sein Schwingungsmittelpunkt verlegt wird.

§. 35. Die Centralbewegung.

Wenn der Mond sich um die Erde bewegt, so muß von der Erde aus eine Kraft ununterbrochen auf ihn wirken. Es sei Fig. 13 die Erde in C, der Mond bei M in seiner Bewegung um die Erde begriffen; würde die Anziehungskraft der Erde plötzlich vernichtet, so müßte sich der Mond in der Richtung seiner augenblicklichen Geschwindigkeit nach a fortbewegen; wäre aber der Mond in Ruhe, so würde ihn die Anziehungskraft der Erde in derselben Zeit nach b treiben; da aber beide Kräfte ununterbrochen und gleichzeitig wirken, so muß der Mond, nach dem §. 28, c, entwickelten Gesetze von

M nach N gelangen. Hier wirkt wieder die Anziehungskraft der Erde, als ob sie den Mond nach d ziehen wollte, die im Mond selbst liegende Bewegung triebe ihn aber für sich allein von N gerade aus nach c; er muß daher nach O, P und so fort sich bewegen. Die ununterbrochene Einwirkung beider Kräfte verwandelt die versinnlichte gebrochene Linie M P der Figur in eine stetig gebogene Linie, eine spiralförmige Ellipse, insofern die Erde nicht fest steht, sondern sich selber um die Sonne bewegt. Aehnlich ist die Bewegung der Planeten und Kometen um die Sonne, so wie der sonstigen Trabanten um ihre Planeten. Die Bahnen sind aber nicht immer Ellipsen, sondern auch Parabeln und Hyperbeln, was von der ursprünglichen Anfangs-Geschwindigkeit und Entfernung, so wie von der Intensität der stetig wirkenden Anziehungskraft, nicht aber von der Richtung der Anfangsgeschwindigkeit abhängt. Das Pendel gibt auch ein Beispiel von Centralbewegung im Kreise (gleicharige Ellipse) ab; die Spannung des Fadens stellt ungefähr die nach dem Centrum hin gerichtete Kraft vor, welche bewirkt, daß die schwingende oder auch geschwungene Kugel nicht nach der Richtung der augenblicklichen Geschwindigkeit fortgetrieben, sondern in der vorgeschriebenen Kreisbahn zu bleiben gezwungen wird. Denkt man sich auf einem z. B. elliptischen Drahtring Fig. 11 eine mitten durchbohrte Kugel P, gleiten, so läßt sich dieser Apparat mit der Centralbewegung eines Planeten in seiner Bahn vergleichen, so bald der Kugel eine Anfangsgeschwindigkeit beigebracht, und dann der Wirkung der Centralkraft S (Schwere, Anziehungskraft des Centralkörpers) überlaßen wird. S zerfällt nach §. 28. c. in die Tangentialkraft T und die darauf senkrechte Kraft F. Letztere ist aber offenbar dem normalen, nach außen gerichteten Druck D gleich, den hier die Drahtbahn in P erleidet und durch ihre Festigkeit vernichtet. Man nennt diesen Druck D sehr unpaßend Centrifugalkraft, und eben so unpaßend die ihr gleiche Kraft F die Centripetalkraft. Bei einem sehr schnell umschwingenden Schleif- oder Mühlstein wird dieser nach außen gerichtete Druck, die Centrifugalkraft, oft so groß, daß sie die Festigkeit des Steins

übertrifft und denselben daher, zumal beim Leergang, wenn er nicht mit einem eisernen Reif umgürtet ist, gefahrbringend in Trümmer zerreißt. Da sich die Erde neben ihrer elliptischen Jahresbewegung um den Sonnencentralkörper auch noch täglich um ihre Axe schwingt, so erleidet jeder Punkt der Erde eine mit der Breite abnehmende Centrifugalkraft, in senkrechter Richtung zur Erdaxe, welche die Schwere einigermaßen vermindert, wie schon oben §. 32. I. bemerkt ist. Am Aequator der Erde beträgt diese Centrifugalkraft den 289ten Theil der dortigen Schwerkraft. Wäre also die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde 17mal, folglich die Fliehkraft $17 \times 17 = 289$mal so groß, als sie ist, so wäre sie der Schwerkraft gleich und die Körper würden schwerlos.

Aus der Fliehkraft erklärt sich die Abplattung der Erde an den Polen. Ist der Druck, den man Centrifugalkraft heißt, stärker, als die Schwerkraft, so folgt der Körper bei seiner Bewegung natürlich vorzugsweise der ersteren; daher kann man ein Glas mit Waßer in einem Reife oder zwischen drei Schnüren (Schleuder) schnell herumschwenken, ohne daß etwas verschüttet wird. In der Centrifugalrutschbahn durchläuft der von einer hinlänglichen Höhe herabgleitende Wagen den innern Umkreis eines aufrecht stehenden Kreises, ohne daß an dessen oberem Theil die nach unten gerichtete Schwerkraft die aufwärts wirkende Centrifugalkraft überwinden könnte.

§. 36. Der Stoß.

Wenn ein bewegter Körper mit einem ruhenden oder bereits bewegten Körper zusammentrifft, so erfolgt ein Stoß. Dabei wird der Zustand der Bewegung (und der Ruhe) in beiden Körpern verändert. Die Wirkung des Stoßes hängt (nach §. 27.) von dem Product aus Masse oder Gewicht und Geschwindigkeit des Körpers ab, — wird aber wesentlich abgeändert, wenn der Körper mehr oder weniger elastisch ist. Man unterscheidet daher Stoß unelastischer und Stoß elastischer Körper. Beide Fälle sind aber nur als Gränzen des Zustandes der festen Körper zu denken; denn in der

Natur gibt es nichts, was vollkommen elastisch, oder vollkommen unelastisch ist. Der einfachste Fall beim Stoß zweier Körper ist der, wenn die Schwerpunkte und die Richtungen ihrer Geschwindigkeiten in einer Linie liegen. Der Stoß selbst steht natürlich auf den gestoßenen Flächen jeder Zeit senkrecht.

I. Wenn sich zwei unelastische Körper hinter einander her bewegen und zusammentreffen sollen, so muß die Geschwindigkeit des hinteren größer sein, als die des vorderen. Beim Zusammenstoßen vermindert sich die Geschwindigkeit von jenem und vermehrt damit die Geschwindigkeit von diesem um so viel, daß beide Geschwindigkeiten gleich groß werden. Bewegen sich beide Körper gegen einander, und ist das Product von Gewicht und Geschwindigkeit bei beiden gleich, so werden sie sich gegenseitig in Ruhe setzen; sind aber diese Producte ungleich, so bewegen sich beide Körper nach dem Stoße mit einer gemeinschaftlich kleineren Geschwindigkeit, gleich dem Unterschied der Producte dividirt durch das Gesammtgewicht, nach der Richtung fort, welche dem größeren Product zukommt. Stößt endlich ein bewegter Körper gegen einen andern ruhenden Körper, so bewegen sich beide nach dem Stoß wiederum mit einer gemeinsamen kleineren Geschwindigkeit, gleich dem Product aus Gewicht und Geschwindigkeit des stoßenden Körpers, dividirt durch das Gesammtgewicht beider Körper, nach der Richtung des stoßenden Körpers.

II. Wenn zwei elastische Körper gegen einander stoßen, so drücken sich die gestoßenen Theile zusammen, nehmen aber in dem nämlichen Augenblicke, in welchem die stoßende Gewalt aufhört, ihre alte Gestalt wieder an und geben dadurch den empfangenen Stoß in umgekehrter Richtung wieder zurück; die Geschwindigkeiten sind nicht so einfach anzugeben wie in I.

III. Während der Stoß eines völlig unelastischen Körpers gegen eine unbewegliche Ebene durch den Widerstand der letzteren völlig aufgehoben würde; so spränge ein vollkommen elastischer Körper mit derselben Gewalt zurück, mit welcher er sich vorher bewegte.

IV. Wenn ein harter Körper auf eine weiche Masse stößt

und diese dem Eindringen desselben so widersteht, daß sie ihm in gleichen Zeiten gleiche Geschwindigkeiten raubt, so entsteht eine gleichmäßig verzögerte Bewegung. Je mehr Masse der harte Körper bei gleicher Form hat, desto tiefer wird er eindringen, weil bei gleicher Geschwindigkeit seine Wirkungsfähigkeit größer ist. — Wenn Pfähle durch den Hammer, — Balken ꝛc. durch die Ramm-Maschine in den Boden getrieben werden, findet dieses seine Anwendung, aber es muß auch die Schwere des Rammklotzes zu der des Pfahles in gehörigem Verhältnis stehen.

V. Wenn ein elastischer Körper unter schiefem Winkel gegen eine unbewegliche, unelastische oder elastische Fläche stößt, so ist der Winkel, unter dem er zurückprallt, eben so groß, wie jener, unter dem er die Fläche trifft.

Ballspiel. Billard.

Vierter Abschnitt.

Gleichgewicht und Bewegung der tropfbar-flüßigen Körper.

§. 37. Gleichgewicht der Flüßigkeiten.

Wenn man eine Flüßigkeit auf eine Ebene gießt, so zerfließt sie. Die oberen Theile drücken vermöge ihrer Schwere auf die unteren, diese weichen vermöge ihrer leichten Verschiebbarkeit aus. Waßer kann daher nur in Gefäßen angehäuft werden, und die ruhige Oberfläche muß horizontal sein. Diese horizontale Oberfläche heißt das Niveau oder der Waßerspiegel. Wird ein Theil einer Flüßigkeit in eine höhere Lage gebracht, so findet in Folge der leichten Verschiebbarkeit der Theilchen so lange Bewegung statt, bis alle wieder in die Gleichgewichtslage zurückgekehrt sind. Wo letzteres nicht mög-

lich ist, da hört die Bewegung nie auf. Dies sehen wir im Großen in der Bewegung der Flüße nach dem Meere.

§. 38. Druck auf die Wände des Gefäßes.

Ist Flüßigkeit in einem Gefäße eingeschloßen, so müßen die Wände desselben der Gewalt widerstehen, mit welcher die Waßertheilchen zu zerfließen streben. Durch die genauesten Versuche ist dargethan, daß der Druck, welchen die horizontale Bodenfläche dabei erleidet, durchaus nicht von der Menge der Flüßigkeit abhängig ist, sondern allein von der Größe der Bodenfläche und von der Tiefe derselben unter dem Waßerspiegel. Ferner pflanzt sich der Druck, welcher auf die Oberfläche einer Flüßigkeit ausgeübt wird, auch nach allen Seiten und Richtungen gleichmäßig fort. Mit sehr wenig Flüßigkeit kann man daher einen sehr großen Druck ausüben, wenn man dieselbe in eine hohe Röhre gießt. Fügt man eine enge Röhre von 20—30′ Länge senkrecht in ein Faß, das einige Eimer enthält, und gießt so viel Waßer hinein, daß Faß und Röhre voll sind, so kann man mit etwa 6 Maß Waßer in der Röhre das Faß an den Böden zersprengen, wenn die Reife stark genug sind. Hierauf beruht die Wirkung von Real's Waßerpresse (Auflösungspresse). Fig. 14. Diese besteht aus dem hohlen Cylinder A von 1′ Höhe und ½′ Durchmesser, überall luftdicht geschloßen. In den obern Deckel ist eine hohe, enge, ganz oben trichterförmige Röhre B eingefügt von ½″ Durchmesser und 2—80′ Höhe. Der Cylinder hat 3 Abtheilungen, welche durch siebartige Horizontalwände getrennt sind, von denen die untere fest, die obere beweglich ist. In die mittlere Abtheilung kommt der aufzulösende Körper, zerstoßen oder gepulvert, in die obere die auflösende Flüßigkeit (Waßer, Weingeist, Säure). Füllt man nun noch die Röhre B, so übt die Flüßigkeit einen so bedeutenden Druck auf die mittlere Abtheilung, daß der Körper, der in derselben ist, aufgelöst in die untere Abtheilung durchtröpfelt und aus dieser durch den Hahn C als gesättigte Auflösung abgelaßen werden kann.

§. 39. **Communicirende Röhren** (Fig. 15) sind Gefäße von beliebiger, aber nicht zu enger Form, (Capillarität), welche so mit einander verbunden sind, daß die Flüßigkeit von einem in das andere überfließen muß. Gleichartige Flüßigkeiten stehen in ihnen im Gleichgewichte, wenn ihre sämmtlichen Oberflächen in einer und derselben horizontalen Ebene (a b) liegen. Wir sehen dieses Gesetz bestätigt, bei den Gießkannen, Theekannen, Oellampen und bei der Nivellirwage (Fig. 16). Diese besteht aus einem metallenem Rohre (ab), welches an beiden Enden rechtwinklig umgebogen ist, und zwei damit communicirende, senkrecht stehende ungefähr gleich hohe Glasröhren (c und d) trägt. Ist dieses Werkzeug mit Waßer gefüllt, so gibt die Linie e f, welche durch die beiden Oberflächen des Waßers geht, die Richtung einer horizontalen Linie an; es wird aber diese sogenannte Kanalwage wegen ihrer Unbequemlichkeit nur selten bei der Anlegung von Straßen, Kanälen, Eisenbahnen ꝛc. benützt, um die Abweichung des Bodens von der horizontalen Richtung zu meßen.

Wird von mehreren communicirenden Röhren eine so weit verkürzt, daß ihr oberer Rand unter dem Waßerspiegel der andern Gefäße steht, so müßte sie überlaufen, wenn sie nicht geschloßen wäre; schließt man sie aber oben z. B. mit einer aufgebundenen Thierblase, wie Fig. 17, so übt die Flüßigkeit, welche in a eben so hoch stehen will, als in b, einen so bedeutenden Druck aufwärts, daß die Blase bedeutend ausgedehnt und in allen ihren Theilen blosgelegt wird. Dieses zu anatomischen Untersuchungen benützte Instrument heißt Wolf's anatomischer Heber. Ersetzt man (Fig. 18) das kürzere Gefäß durch zwei horizontale Platten von Metall oder Holz, welche durch einen breiten Streifen waßerdichten Leders mit einander verbunden sind, stellt auf die obere Platte eine Last und gießt in die Röhre b Waßer, so wird die obere Platte durch den in a aufwärts wirkenden Druck des Waßers in die Höhe gehoben. Dieses Werkzeug ist der hydrostatische Blasebalg. —

Dieses mit dem im vorigen §. Erkannten zusammengehalten, gewährt uns die Einsicht:

der Druck der tropfbaren Flüßigkeiten ist allseitig; er wirkt nicht allein gegen den Boden, sondern auch auf die Seitenwände und aufwärts, d. i. nach allen Richtungen.

Auf diesem allseitigen Drucke beruht auch die große, wenn auch sehr langsame Wirkung von Brahma's Waßerpresse (hydraulische Presse) Fig. 19. Durch den Hebel i wird der Kolben t gehoben; die Röhre h füllt sich in Folge dessen aus einem darunter befindlichen Behälter mit Waßer; drückt man den Hebel i nieder, so schließt sich die Oeffnung, durch welche das Waßer in die Röhre h gelangte, und gelangt durch die Röhre g in den Raum f; hier drückt es den Kolben l aufwärts und so wird der zwischen der beweglichen Platte m n und der unbeweglichen a b befindliche Körper k (Zeug, Oel, Papier, Wolle, Baumwolle, Heu für Schiffsverproviantirungen ꝛc. ꝛc.) zusammengepreßt. Wird der Kolben t z. B. mit einer Kraft von 100 ℔ niedergedrückt, so hat jeder Theil der Gefäßwand in f, der eben so groß ist, als die untere Fläche des Kolbens t, ebenfalls einen Druck von 100 ℔ auszuhalten; ist daher die untere Fläche des Kolbens l 100mal so groß, als die des Kolbens t, so erhält sie einen Druck von 100 × 100 = 10,000 ℔. Ist dabei noch der ganze Hebel i 3mal so lang als der innere Theil, so wird der Druck 3 × 10,000 = 30,000 ℔.

Erhält von immer vollgehaltenen communicirenden Röhren die kürzere eine enge Oeffnung, so steigt die Flüßigkeit aus derselben frei als Strahl in die Höhe (Springbrunnen). Die Höhe dieses Strahles müßte der Druckhöhe gleich sein, wenn nicht die Reibung und Adhäsion der Waßertheilchen thätig wäre und Luftwiderstand nebst Anziehungskraft der Erde entgegenwirkte. Ueberdies geht bei Springbrunnen noch durch jede Krümmung der Röhrenleitung etwas an der Höhe des Waßerstrahles verloren. In Wilhelmsbad bei Cassel springt das Waßer, welches in geneigter Leitung 250′ herabfließt, nur

140′ hoch, so daß also volle 110′ Druckhöhe zur Ueberwältigung aller Widerstände verloren gehen. Hellbrunn bei Salzburg, Schwetzingen, Nymphenburg. — Springbrunnen in Ebenen erfordern Druckwerke, welche das Waßer in einem Thurme oder dgl. in die Höhe treiben, damit es hier so viel falle, als zur Erzielung des gewünschten Waßerstrahles nothwendig ist. — Artesische Brunnen (zuerst in der Grafschaft Artois versucht) sind da möglich, wo in einer höher liegenden Gegend Waßer in eine lose Erd- oder Felsschicht eindringt und in einer niedrigeren Gegend von darüber und darunter befindlichen Thonschichten nicht durchgelaßen wird. Durchbohrt man die obere Thonschicht, so sprudelt das Waßer — nach den erläuterten Gesetzen — empor.

Befinden sich in communicirenden Röhren Flüßigkeiten von verschiedener Dichte, so hält eine kürzere Säule von der dichteren einer höheren Säule von der weniger dichten das Gleichgewicht, sie haben also nicht gleiches Niveau. Diese Erscheinung gibt ein — übrigens ziemlich unvollkommnes — Mittel an die Hand, die Dichtigkeit verschiedener Flüßigkeiten zu prüfen.

Aufgabe. Vergleiche die Gesetze der communicirenden Röhren mit den Gesetzen des zweiarmigen Hebels.

§. 40. Flüßigkeit in beweglichen Gefäßen.

Ein freihängendes Gefäß, welches mit Flüßigkeit ganz angefüllt ist, wird eine solche Lage annehmen müßen, daß der Schwerpunkt des Gefäßes sammt Flüßigem senkrecht unter dem Aufhängungspunkte sich befindet. Auch bei Flüßigkeiten kann man sich daher für eine bestimmte Form des Gefäßes einen Schwerpunkt denken, welcher sich aber aus der Lage der Schwerpunkte fürs Gefäß und dessen flüßigem Inhalt, jedesmal bei anderer Gefäßform anders findet. — Im Zustande der Ruhe wird der Druck, welchen die Flüßigkeit auf einen Theil einer Seitenwand ausübt, durch die Festigkeit der Wand aufgehoben. Wenn aber in der einen Wand eine Oeffnung entsteht, so wird der Gesammtdruck auf sie, dem Gesammtdruck auf die gegenüberstehende Wand nicht mehr gleich, sondern kleiner sein,

und deshalb in entgegengesetzter Richtung der ausfließenden Flüßigkeit eine Bewegung des Gefäßes entstehen. Darauf gründet sich das Segner'sche Waßerrad (Fig. 20.) Dieses sonst nur in physikalischen Cabineten aufbewahrte Apparatchen wurde erst vor einiger Zeit durch die Schotten im Großen zur Bewegung von Maschinen benützt, indem man die 2 oder 3 Arme (c) krumm anordnete und das Waßer, wie in Fig. 21 von unten (b) einströmen ließ, wobei sich das Rad um den Zapfen a dreht, während das Waßer bei o ausströmt. Die Reibung, welche der Zapfen a in diesem Falle zu überwinden hat, ist nämlich viel geringer, als wenn das ganze Gewicht der Flüßigkeit, wie in Fig. 20 auf dem Zapfen a ruht. Man nennt dieses Rad daher auch schottische Turbine, welche sich für sehr hohe Gefälle, die man sonst nicht wohl benützen kann, am besten eignet, und durch ihre Eigenschaft sehr wohlfeil zu stehen kommt. Mehr als 50 Prozent Nutzeffect leistet sie übrigens nicht.

§. 41. Schwimmen.

Man nehme (Fig. 22.) einen massiven Körper, der in Waßer nicht auflöslich ist, und einen hohlen von der nämlichen Form und Masse, in welchen der erstere genau paßt, z. B. eine Halbkugel, hänge den massiven unter den hohlen an den Arm einer guten Wage auf und stelle durch Gewichte, am andern Arm das Gleichgewicht her. Läßt man nun den massiven Körper in ein darunter gestelltes Gefäß mit Waßer ganz untertauchen, so wird der Wagbalken mit dem Gewicht sinken; gießt man aber den hohlen Theil des oberen Körpers voll Waßer, so stellt sich das Gleichgewicht wieder her. Jeder Körper verliert in einer Flüßigkeit so viel von seinem Gewichte, als die Flüßigkeit wiegt, welche den nämlichen Raum einnimmt. Beträgt das Volumen eines im Waßer ganz eingetauchten Körpers 1 bayrischen, preußischen oder Wiener Duodecimal-Kubikzoll, so scheint er an seinem Gewichte ungefähr $^4/_5$ bayrische oder $1^2/_9$ preuß. oder 1 Wiener Loth zu verlieren, d. h. es muß am nämlichen Wagbalken die-

ses Gewicht zugelegt werden, um das vorige Gleichgewicht herzustellen. Im Waßer kann man eine größere Last tragen, als in der Luft; Steine kann man oft bis an, aber nicht mit der nämlichen Kraft über die Oberfläche des Waßers heben; ein Hund kann einen ins Waßer gefallenen Menschen retten, indem er ihn bis an das Ufer zieht. Hätte ein fester Körper mit einer Flüßigkeit ganz gleiche Dichte (vgl. §. 6.), so würde er in derselben sein ganzes Gewicht verlieren, also in jeder Stelle derselben in Ruhe bleiben, gerade wie ein Theil der Flüßigkeit selbst. Ist ein fester Körper dichter als eine Flüßigkeit, so sinkt er in derselben zu Boden, scheint aber in derselben nur noch so viel zu wiegen, als übrig bleibt, wenn man von seinem absoluten Gewicht das Gewicht einer Flüßigkeitsmenge subtrahirt, welche mit dem Körper gleiches Volumen hat. Diesen Gewichtsüberschuß nennt man das relative Gewicht des Körpers. Hat ein fester Körper geringere Dichte, als die Flüßigkeit, in welche er eingetaucht wird, so scheint er in derselben nicht nur sein ganzes absolutes Gewicht zu verlieren, sondern die Flüßigkeit hebt ihn noch empor, er schwimmt; taucht aber dabei so tief in die Flüßigkeit ein, daß die dadurch verdrängte Flüßigkeit gerade so viel wiegt, als der ganze schwimmende Körper. — Man kann daher auch Körper, welche specifisch schwerer sind als das Waßer, auf diesem zum Schwimmen bringen, a) wenn man ihnen eine solche Form oder Ausdehnung gibt, daß sie eine größere Masse Waßer verdrängen, als sie selbst wiegen (Schiffe, Tassen von Porcellan, hohle Metallkugeln rc.; Fische drücken die in ihren Blasen enthaltene Luft und damit das Volumen ihres Körpers zusammen, wenn sie sinken, dehnen sie aus, wenn sie steigen); oder b) wenn man sie mit hinlänglich großen Körpern in Verbindung bringt, welche specifisch leichter sind, als das Waßer. So hebt man versunkene Massen, indem man gefüllte Schiffe oder Fäßer rc. an dieselben bindet und diese sodann entlastet. Am 9. Februar 1806 kamen im Hafen von Pillau mehrere seit Jahren in einer Tiefe von 15—18′ verloren gelegene 6 Klafter lange eiserne Ketten an die Oberfläche des Waßers und schwam-

men auf derselben; sie waren mit Eis in starker Mannsdicke völlig überzogen. Ebenso steigen Steine von 3—6 ℔ Schwere an die Oberfläche des Waßers, wenn sie mit Grundeis überzogen sind (Eis ist nämlich um $^1/_{10}$ specifisch leichter, als Waßer). Der Mensch ist $1^{11}/_{100}$ mal so schwer als das Waßer, er würde also untersinken, wenn er nicht durch angebundene Blasen, Binsen ꝛc. eine Gewichtssumme erzeugen würde, welche etwas geringer ist, als das Gewicht des durch ihn und die Blasen ꝛc. verdrängten Waßers; oder mit Händen und Füßen gegen das Waßer einen Stoß ausüben, oder eine solche Lage annehmen würde, daß er in Folge dessen auf der Oberfläche bleibt.

Soll ein schwimmender Körper nicht schon durch geringe Schwankungen zum Umschlagen kommen, also eine stabile Schwimmlage haben (§. 29, stabiles Gleichgewicht), so muß sein Schwerpunkt senkrecht unter dem Schwerpunkte der von ihm verdrängten Flüßigkeit liegen; bei Körpern, wo Länge, Breite und Dicke von einander sehr verschieden sind (z. B. Bretter ꝛc.), ist dieß nur dann möglich, wenn die größte Fläche des Körpers auf der Waßeroberfläche liegt. Daher haben Schiffe mit flachem Boden stabilere Schwimmlage, als solche mit scharfem Boden (Kiel), welche vom Sturm u. s. w. leicht auf die Seite gelegt werden; dafür segeln aber letztere schneller als jene.

§. 42. Specifisches Gewicht.

Das Gewicht, welches ein unauflöslicher Körper beim Eintauchen in das destillirte Waßer zu verlieren scheint, wird zur Bestimmung des specifischen Gewichtes desselben benützt. Man wägt den Körper zuerst in der Luft, dann unter Waßer. Der Unterschied beider Gewichte ist der Gewichtsverlust des Körpers oder das Gewicht einer eben so großen Waßermenge. So oft dieser Unterschied in dem zuerst gefundenen absoluten Gewichte des Körpers enthalten ist, so viel mal schwerer ist der Körper als das Waßer, und diese Zahl drückt sein specifisches Gewicht aus. Z. B. Ein Stück gehämmertes, also sehr dichtes Kupfer wiege in der Luft 270 Loth, im Waßer

240 Loth; Verlust 30 Loth; $\frac{270}{30} = 9$; d. h. das spec. Gew. des Kupfers ist 9. Das absolute Gewicht eines Stückchens Holzes sei 15 Loth; damit es im Waßer sinkt, sollen mit ihm 23 Loth Blei vereinigt werden. Die ganze 38 Loth schwere Verbindung verliere nun aber im Waßer 1 Loth; so wiegt der Raum Waßer, welchen Holz und Blei ausfüllen, 37 Loth; das Blei für sich im Waßer gewogen verliere 2 Loth, so muß das vom Holz allein verdrängte Waßer 37 — 2 = 35 Loth wägen, also das gesuchte spec. Gewicht $= \frac{15}{35} = \frac{3}{7}$ sein. Wiegt ein Stück Glas in der Luft 5, im Wasser 3, in Schwefelsäure 1 Loth, so ist der vom Glasstück verdrängte Raum Säure 5 — 1 = 4 Loth, der gleiche Raum Wasser aber 5 — 3 = 2 Loth schwer; daher das spec. Gew. der Schwefelsäure $= \frac{4}{2} = 2$. Auf diese Weise kann man von den meisten Flüßigkeiten die spec. Gew. bestimmen. Löst Waßer einen Körper auf, so wiegt man ihn in einer andern Flüßigkeit, welche ihn nicht auflöst und deren spec. Gew. man kennt. Sey dieses $= \frac{4}{5}$; der Körper von 6 Loth wäge in der Flüßigkeit 2 Loth, so wiegt der dem Körper gleiche Raum Flüßigkeit 6 — 2 = 4 Loth, und der Körper ist also $\frac{6}{4} = 1\frac{1}{2}$ mal so schwer als die Flüßigkeit; daher das spec. Gew. des Körpers $= 1\frac{1}{2} \times \frac{4}{5} = 1\frac{1}{5}$. Das spec. Gew. von Flüßigkeiten bestimmt man aber im praktischen Leben, wenn es nicht auf äußerste Genauigkeit ankommt, meist durch Senkwagen oder Aräometer mit Skalen (Fig. 23). Sie sind hohl und von Glas; haben unten eine Kugel a, die einen schweren Körper (z. B. Quecksilber) enthält, damit sie stehend schwimmen (stabile Schwimmlage) §. 41. Da sie um so tiefer einsinken, je weniger Dichte die zu prüfende Flüßigkeit hat, so bringt man in der obern Röhre b c eine Skala an. — Je tiefer das Aräometer in Branntwein einsinkt, desto weniger Waßer enthält er, desto beßer ist er; je weniger es einsinkt in Lauge und Sole, desto mehr Salze enthalten sie; je weniger es im Most einsinkt, desto mehr feste Theile und Zucker enthält er. — Bei Bier, Wein und Milch ist das Aräometer als Maßstab der Güte im Allgemeinen unzuverläßig, weil bei diesen Flüßigkeiten außer Dichtigkeit noch viele andere Umstände in Betracht kommen.

Das specifische Gewicht einiger Körper in alphabetischer Ordnung: Ahornholz $^{76}/_{100}$, Alabaster $2^{88}/_{100}$, Alaun $1^{72}/_{100}$, Apfelbaumholz $^{79}/_{100}$, Arsenik $5^{79}/_{100}$, Bernstein $1^{6}/_{100}$, Bimsstein $1^{65}/_{100}$, Birkenholz $^{64}/_{100}$, Birnbaumholz $^{66}/_{100}$, Blei $11^{39}/_{100}$, Buchenholz $^{85}/_{100}$, Buchsbaumholz $^{91}/_{100}$, Butter $^{94}/_{100}$, Campher $^{99}/_{100}$, Cautschuk $^{93}/_{100}$, Cedernholz $1^{31}/_{100}$, Corallen $2^{69}/_{100}$, Diamant $3^{55}/_{100}$, Ebenholz $1^{33}/_{100}$, Eichenholz $^{85}/_{100}$, Eis $^{93}/_{100}$, Eisen $7^{1}/_{100}$ — $8^{3}/_{100}$, Elfenbein $1^{92}/_{100}$, Erlenholz $^{68}/_{100}$, Eschenholz $^{84}/_{100}$, Fett vom Ochsen, Hammel, Kalb, Schwein $^{92}/_{100}$ — $^{93}/_{100}$, Feuerstein $2^{7}/_{100}$, Glas $2^{45}/_{100}$ — $3^{86}/_{100}$, Gold 13 — $19^{40}/_{100}$, Granit $2^{6}/_{100}$, Gummi arabicum $1^{45}/_{100}$, Gyps $2^{93}/_{100}$, Hühnereier $1^{9}/_{100}$, Kalkstein $2^{72}/_{100}$, gebrannter Kalk $1^{84}/_{100}$, Kirschbaumholz $^{71}/_{100}$, Knochen $1^{66}/_{100}$, Kochsalz $2^{3}/_{100}$, Kork $^{24}/_{100}$, Kreide $2^{66}/_{100}$, Kupfer $8^{4}/_{100}$ — 9, Lava $2^{88}/_{100}$, Lindenholz $^{56}/_{100}$, Mahagoniholz $^{94}/_{100}$, Marmor $2^{84}/_{100}$, Meerschaum $1^{20}/_{100}$, Mehl $1^{56}/_{100}$, Messing $8^{44}/_{100}$, Neusilber $8^{56}/_{100}$, Nußbaumholz $^{66}/_{100}$, Pappelbaumholz $^{56}/_{100}$, weißes Pech $1^{11}/_{100}$, Perlen $2^{62}/_{100}$, Platin $19^{27}/_{100}$ — $21^{74}/_{100}$, Porcellan $2^{39}/_{100}$, Quecksilber $13^{60}/_{100}$ — $15^{61}/_{100}$, Salpeter $2^{10}/_{100}$, Sandstein $2^{70}/_{100}$, Schwefel $1^{98}/_{100}$, Silber $10^{45}/_{100}$, Stahl $7^{8}/_{100}$ — $8^{2}/_{100}$, Steinkohlen $1^{51}/_{100}$, Tannenholz $^{55}/_{100}$, Thon 2, Wachs $^{97}/_{100}$, Weidenholz $^{58}/_{100}$, Zink $7^{50}/_{100}$, Zinn $7^{29}/_{100}$ — $7^{80}/_{100}$, weißer Zucker $1^{61}/_{100}$.

Specifisches Gewicht einiger Flüßigkeiten: Aether $^{72}/_{100}$, Alkohol $^{79}/_{100}$, Baumöl $^{92}/_{100}$, Blausäure $^{71}/_{100}$, Bier $1^{3}/_{100}$, Blut $1^{5}/_{100}$, Honig $1^{45}/_{100}$, Leinöl $^{94}/_{100}$, Milch $1^{3}/_{100}$, Nußöl $^{95}/_{100}$, Olivenöl $^{92}/_{100}$, Rosenöl $^{83}/_{100}$, Rüböl $^{91}/_{100}$, Salpetersäure $1^{52}/_{100}$, Salzsäure $1^{19}/_{100}$, Schwefelsäure $1^{85}/_{100}$, Seewaßer $1^{4}/_{100}$, das Waßer des todten Meeres $1^{23}/_{100}$, Steinöl $^{87}/_{100}$, Terpentinöl $^{79}/_{100}$, Thran $^{93}/_{100}$, — Rheinwein und Burgunder $^{99}/_{100}$, Champagner $^{96}/_{100}$, Malaga $1^{1}/_{100}$, Madeira $1^{4}/_{100}$. Diese Zahlen können aber alle nur als Mittelwerthe angesehen werden, da die Dichtigkeit eines und desselben Körpers an verschiedenen Stellen oft sehr verschieden ist.

Aus der Dichte der Körper läßt sich ihr absolutes Gewicht bestimmen, wenn ihr Rauminhalt bekannt ist. Da z. B. ein

bayrischer Kubikfuß Waßer $44^2/_5$ bayr. Pfund wiegt, das spec. Gew. des Sandsteins $2^7/_{10}$ ist, so muß ein Kubikfuß Sandstein $2^7/_{10} \times 44^2/_5$ = nahezu 120 ℔, ein Block von 12 Kubikfuß also $12 \times 120 = 14400$ ℔ wiegen. Es ist dies von Wichtigkeit bei der Berechnung solcher Massen, deren Gewicht man nicht durch Wägen bestimmen kann. — Umgekehrt bestimmt man das Volumen eines Gefäßes, indem man die Zahl der Pfunde, um die es beim Anfüllen mit Waßer schwerer wird, durch das Gewicht eines Kubikfußes Waßer dividirt. Z. B. eine Flasche werde beim Anfüllen mit Waßer um $^3/_4$ ℔ schwerer, diese Zahl durch $44^2/_5$ dividirt $= \frac{15}{888}$; da ein Kubikfuß 1728 Kubikzoll hat, so ist diese Zahl $= 1728 \times \frac{15}{888} = 9\frac{21}{37}$ Kubikzoll.

§. 43. Ausströmen der Flüßigkeiten.

Der Waßerstrahl aus einem Gefäße mit dünnem Boden wird von der Oeffnung an bis zu einer gewissen Entfernung immer dünner, hat also eine kegelförmige Gestalt; von da an erweitert er sich wieder und zertheilt sich in mehrere getrennte Strahlen. Diese Erscheinung heißt die Zusammenziehung des Waßerstrahles. Es ist daher bei den Mundstücken der Spritzen und springenden Strahlen von Wichtigkeit, die Mündung nach dem Zusammenziehungswinkel auszubohren. — Die Geschwindigkeit, mit welcher Flüßigkeiten sowohl aus einer Oeffnung im Boden, als aus einer Seitenröhre ausfließt, hängt von der Höhe des Waßerspiegels über der Ausflußmündung ab; vermindert sich also mit sinkender Oberfläche. Wenn aber das Waßer durch einen schwimmenden Heber (s. §. 51) abfließt, so hat es stets gleiche Geschwindigkeit; hierauf gründet sich Hero's Waßeruhr. — Die Minutengläser der Schiffer sind Sanduhren. Die Sandmenge, welche in einer gewissen Zeit durch eine enge Oeffnung fließt, bleibt sowohl dem Raum als dem Gewichte nach ganz gleich, wenn auch die Druckhöhe des Sandes verschieden ist. —

§. 44. Stoß der Flüßigkeiten auf feste Körper.

Der Stoß, welchen bewegte Flüßigkeiten auf feste Körper ausüben, ist um so größer, je bedeutender der Geschwindigkeits-

Unterschied und je größer die getroffene Fläche ist. Bei 2-, 3-, 4 fachem Geschwindigkeits-Unterschied des Waßers gegen die Stoßfläche ist dieser Stoß 4, 9, 16mal so groß als bei der einfachen Geschwindigkeit. Die einfachste und älteste Anwendung des Waßerstoßes finden wir bei den alten Waßerrädern. Unter Waßerrad versteht man nämlich ganz allgemein eine radförmige hydraulische Kraftmaschine, deren Umfang ein ringförmiges System von gefäßartigen Theilen hat, welche durch ebene, gebrochene oder krumme Flächen gebildet sind, auf die das Waßer entweder stößt, oder drückt, oder beides nach einander ausübt. Jedes Waßerrad hat einen Zuleitungskanal für das Waßer, einen Schützen, einen Einlauf, oft auch ein Gerinne und jederzeit einen Abzugskanal. Die Waßerräder überhaupt theilt man ein: a) in Turbinen, bei welchen das Waßer gleichzeitig auf den ganzen Umfang des mit krummen Flächen versehenen Rades einwirkt und deren Axe meistens vertikal ist; b) in die eigentlichen Waßerräder im engern Sinn, bei welchen das Waßer gleichzeitig nur auf einen Theil des Umfanges einwirkt, und deren Axe meistens horizontal liegt. Je nach der Höhe, auf welcher das Waßer in das Rad gelangt, unterscheidet man: 1.) unterschlächtige Räder, wenn das Waßer am unteren Theil des Rades eintritt und dort durch Stoß wirkt; 2.) mittel- oder rückenschlächtige Räder, wenn das Waßer ungefähr in der Höhe der Axe des Rades eintritt; 3.) oberschlächtige Räder, wenn das Waßer am Scheitel ins Rad tritt. Ferner unterscheidet man nach der Gestalt der Gefäße am Umfang des Rades: 1.) Schaufel-Räder, mit oder ohne Radgerinne, wenn die Flächen, auf welche das Waßer wirkt, nahezu radial stehen und ohngefähr eben sind; 2.) Zellen- (Kübel-, Eimer-) Räder, wenn die Gefäße am Radumfang ohne Radgerinne nur durch Wände gebildet sind; 3.) Räder mit krummen Schaufeln, auf welche das Waßer nur mit Druck wirkt. Naturgemäß kann nicht jedes Rad für jedes Gefälle und jede Waßermenge gleich gut benutzt werden; mit zunehmendem Gefälle folgen die Räder in ihrer praktischen Anwendbarkeit ungefähr so aufeinander:

1.) für kleine Gefälle bis höchstens 3½′ das unterschlächtige, durch den Waßerstoß getriebene Rad, überträgt nutzbringend höchstens $^{35}/_{100}$ des im Waßer steckenden absoluten Effectes; 2.) das Kropfrad (so genannt vom kropfartigen Radgerinne) für Gefälle zwischen 3½′ bis höchstens 7′, wobei das Waßer theils durch Stoß, theils durch Druck wirkt, gewährt höchstens $^{50}/_{100}$ Nutzeffect; 3.) das krummschauflige Poncelet-Rad für alle Gefälle bis höchstens 5′, wobei das Waßer ohne Stoß auf die Schaufeln gelangt und nur durch Druck wirkt, gewährt höchstens $^{65}/_{100}$ Nutzeffect; 4.) beim Schaufelrad mit Ueberfall-Einlauf für Gefälle zwischen 5′ und 8½′ wirkt das Waßer hauptsächlich nur durch Druck, es gewährt höchstens $^{65}/_{100}$ Nutzeffect; 5.) das Schaufelrad mit Coulissen-Einlauf, für Gefälle zwischen 8½′ und 14′ anwendbar, bringt durch den Waßerdruck höchstens $^{70}/_{100}$ Nutzeffect; 6.) das rückschlächtige Zellenrad mit Coulissen-Einlauf, für Gefälle zwischen 14′ und 19′ brauchbar, wird theils durch Stoß, theils durch Druck des Waßers getrieben und leistet höchstens $^{70}/_{100}$ Nutzeffect; endlich 7.) das überschlächtige Zellenrad ebenfalls theils durch Stoß, theils durch Druck des Waßers getrieben, ist für Gefälle zwischen 14′ und 42′ anwendbar und leistet höchstens $^{70}/_{100}$ Nutzeffect. Ein Rad über 42′ ist unpractisch. Daß der Nutzeffect der Räder aber nur zwischen $^{35}/_{100}$ und $^{70}/_{100}$ des absoluten im Waßer steckenden Effects beträgt, rührt von den Verlusten her, welche entstehen 1.) durch die Art, wie das Waßer in das Rad eintritt (bei jedem Stoß unelastischer Körper geht immer Wirkung verloren); 2.) durch die unregelmäßige Bewegung des Waßers durch das Rad; 3.) durch das zu frühe Austreten des Waßers aus dem Rad; 4.) durch die Art, wie das Waßer austritt, welches die tiefste Stelle des Rades erreicht; 5.) durch die Reibung des Waßers am Gerinne, wenn das Rad ein solches hat; 6.) durch den Luftwiderstand; 7.) durch die Reibung der Wellbaumzapfen; 8.) durch die Unvollkommenheiten des Radbaues. Ist aber die Anlage eines Rades verfehlt, oder sonst mangelhaft, so wird wie bei den meisten bestehenden Säg- und

anderen Mühl-Waßerrädern, noch viel mehr am Nutzeffect verloren. Die Turbinen, welche gewöhnlich von Eisen und wegen der gleichzeitigen Wirkung des Waßers auf den ganzen Radumfang viel kleiner als die Waßerräder sind, — aber auch viel sorgfältiger gearbeitet und unterhalten sein müßen —, wendet man ihres schnellen und gleichförmigen Ganges wegen, in solchen Geschäften an, wo dies erwünscht ist, und theilt sie ein in: 1.) die schottische Turbine, (s. §. 40.) welche nur für sehr große Gefälle zweckmäßig ist; 2.) die Cadiat'sche Turbine, welche ganz einfach nur ein Rad mit krummen Schaufeln hat, auf welche das Waßer von innen und ohne Weiteres fließt, gewährt kaum $^{60}/_{100}$ Nutzeffect; 3.) die Fourneyron'sche Turbine, welche vollkommener als die letzte ist, sofern den krummen Radschaufeln das Waßer durch ein festes Leitrad mit entgegengesetzt gekrümmten Schaufeln, von innen zugeführt wird; 4.) die Jonval'sche Turbine, bei welcher das Rad über oder unter dem Leitrad sich befindet, und wobei die schrägen Schaufeln, schraubenähnliche krumme Flächen sind. Die letzteren zwei Gattungen und vorzugsweise die letztere, werden gegenwärtig am häufigsten hergestellt.

Solche gut gebaute und vollkommene Turbinen geben bei kleinen Gefällen beßere Nutzeffecte, als die Waßerräder; bei größeren Gefällen geben aber die Waßerräder — soweit sie anwendbar sind, — beßeren Nutzeffect; bei mittleren Gefällen leisten gute Turbinen und gute Waßerräder gleich viel. Ueber 42′ Gefäll sind nur Turbinen brauchbar. Auf dem Schwarzwald macht eine kleine Fourneyron'sche Turbine von 1′ Durchmesser bei 370′ Gefäll (Röhrenleitung) 2300 Umdrehungen in jeder Minute und leistet die Wirkung von 30 Pferden.

Fünfter Abschnitt.

Gleichgewicht und Bewegung der elastisch-flüßigen Körper (Gase).

§. 45. Ausdehnsamkeit und Spannkraft.

Wenn man mehrere tropfbare Flüßigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte in ein Gefäß gießt, so ordnen sie sich von unten nach oben nach ihrer Dichte (z. B. Quecksilber, Weinsteinöl, Steinöl, Alkohol). Die gegen tropfbare Flüßigkeiten ungleich weniger cohärenten und leichteren Luftarten folgen natürlich nicht so scharf jener Lagerung, und es scheint daher, daß Luftarten unter gleichem Druck, aber von verschiedener Dichte, in einen und denselben Raum gebracht, sich nicht nach ihren specifischen Gewichten ordnen, sondern daß sich jede für sich so ausdehne, als wären die andern nicht vorhanden, so daß an jeder Stelle des gegebenen Raumes alle Luftarten angetroffen werden. Dies bestätigt folgender, in der Ausführung subtile, Versuch von Berthollet: Verbindet man zwei Ballons, von denen der eine mit Waßerstoffgas, der andere mit Kohlensäuregas gefüllt ist, durch eine Röhre, die vermittelst eines Hahnens gesperrt werden kann, und gibt man dem Apparate eine solche Stellung, daß der mit Waßerstoffgas gefüllte Ballon sich über dem andern befindet, so geht beim Oeffnen des Hahnens ein Theil des nahe 15mal leichteren Waßerstoffgases aus dem obern in den untern Ballon, während sich das schwerere Kohlensäuregas zum Theil im obern Ballon ausbreitet. — Jedes Gas verbreitet sich in nicht zu großen Räumen, indem es bloß der zwischen seinen eigenen Theilen bestehenden Spannkraft folgt. Nur bemerkt man, daß die Verbreitung des einen Gases langsamer im Raume des andern erfolgt, als wenn dieser Raum kein Gas enthält, — so daß also jedes Gas, welches auf das andere keine chemische Wirkung äußert, für

das andere nur als mechanisches Hindernis in Betracht kommt. Grundeigenschaft aller luftartigen Körper ist demnach die Ausdehnsamkeit. Das Bestreben der Theilchen, sich von einander zu entfernen, bleibt noch thätig, wenn man die in einer Hülle eingeschloßenen Gase durch äußeren Druck auf die Wände des geschloßenen Gefäßes zusammenpreßt; sie werden daher einen gleich großen Gegendruck ausüben, und dieses Vermögen, verschiedene Spannung anzunehmen, nennt man Spannkraft oder Elasticität. Preßt man Luft in einer geeigneten Vorrichtung auf einen sehr kleinen Raum zusammen, so wird ihre Spannung dadurch so gesteigert, daß sie zu sehr bedeutenden Wirkungen verwendet werden kann, wie wir dieß bei dem Blasebalg und noch mehr bei den Windbüchsen sehen, und wie es die Knaben im Kleinen schon bei den Hollunderbüchsen in Anwendung bringen.

§. 46. Druck der Atmosphäre.

Die Luft, welche wir hier als Repräsentanten aller Gase hauptsächlich in Betracht ziehen, würde sich wegen des Bestrebens ihrer Theilchen, sich bei vermindertem äußern Druck von einander zu entfernen, sehr bedeutend ausbreiten, wenn nicht die Anziehungskraft der Erde diesem Bestreben entgegenwirkte. In Folge dieser Kraft bildet sie eine Hülle um die Erde, welche wir Atmosphäre nennen, und deren Höhe etwa 10 Meilen beträgt, wie schon Keppler angegeben hat, welche aber nicht weiter hinaufreichen kann, als bis die Centrifugalkraft der sich drehenden Erde, der Anziehungskraft gleich ist, weil über diese Stelle hinauf die Lufttheilchen fortfliegen müßten. — Da die Anziehung mit der Entfernung abnimmt, so müßen die unteren, der Erde näheren Schichten der Atmosphäre dichter sein, als die entfernteren oberen. Eine weitere Folge der Anziehungskraft der Erde ist, daß die Luft wie jeder Körper einen Druck ausübt, der sich daher in Gewichtsgrößen ausdrücken läßt. Nimmt man eine große, hohle Glaskugel, wiegt sie, mit Luft angefüllt, höchst genau; entfernt sodann die Luft aus der Kugel und wiegt sie abermals, so wird man ein gerin-

geres Gewicht als vorher erhalten. Was sie an Gewicht verloren hat, ist das Gewicht der darin enthalten gewesenen Luft. Auf diese Weise hat man gefunden, daß die Dichte der gewöhnlichen Luft bei 8° Reaumür und gewöhnlichem Druck 800 mal geringer ist, als die Dichte des Waßers, oder $13\frac{1}{2} \times 800 =$ 10800 mal geringer als die des Quecksilbers; daß also z. B. 800 Kubikzoll Luft so viel wiegen, als 1 Kubikzoll Waßer. — Wenn man eine an beiden Enden offene Glasröhre senkrecht in Waßer taucht, hierauf das obere Ende verschließt, und die Röhre so weit herauszieht, daß das untere Ende noch im Waßer bleibt, so wird der größte Theil des Waßers in der Röhre bleiben, weil die innere Luft durch theilweises Fallen des Waßers sich so ausgedehnt hat, daß der Druck der äußeren Luft gegen die Waßerfläche bedeutend stärker ist. In dem Augenblicke aber, wo man die obere Oeffnung frei läßt, die Luft über der Waßersäule also wieder zu ihrer ursprünglichen Dichte kommt, sinkt auch das Waßer in der Röhre zum Niveau des Gefäßes herab. — Zieht man die Röhre aber ganz aus dem Gefäße und läßt die obere Oeffnung verschloßen, so bleibt die Flüßigkeit frei in der ruhig gehaltenen nicht zu weiten Röhre, weil von unten der Luftdruck wirkt, von oben der viel schwächere Druck der eingeschloßenen verdünnten Luft. Hieraus läßt sich leicht erklären, warum aus einem Faße, welches eine Flüßigkeit mit keiner gespannten Luft enthält, nichts durch den Hahnen fließt, so lang das Spundloch fest verschloßen ist; warum man ein Waßer enthaltendes Glas umgekehrt halten kann, wenn man vorher auf die Oeffnung nur ein Blatt Papier gelegt hat. Ebenso erklären sich aus dieser Erscheinung: der Stechheber, der magische Trichter, die Wirkung der Schröpfköpfe, das Saugen, das Tabakrauchen ꝛc.

In einem großherzoglichen Garten zu Florenz wollte man einen Pumpbrunnen machen, in welchem das Waßer zu bedeutender Höhe gehoben werden sollte, konnte dasselbe aber nicht über 32′ hoch saugen. Toricelli (1643), Galilei's Schüler, darüber befragt, warum die Pumpe das Waßer nicht höher saugen könne, nahm eine Glasröhre, welche am einen Ende

zugeschmolzen war, und füllte sie mit Quecksilber, hielt die Oeffnung zu, wendete sie vorsichtig um, so daß keine Luft eindringen konnte und brachte die Röhre mit dem zugehaltenen Ende senkrecht in ein Gefäß mit Quecksilber. Nachdem hierauf das Ende frei gemacht war, sank die in der Röhre befindliche Quecksilbersäule, bis ihre Oberfläche ungefähr 28″ paris. über dem untern Quecksilber-Niveau stand, und erhielt sich bleibend auf dieser Höhe. Er schloß daraus: die Luft drückt auf jede Quecksilberfläche vom Caliber der Röhre, mit einer Kraft, welche dem Gewichte einer Quecksilbersäule von 28″ paris. (oder 31″ bayr.) gleich ist. Da Waßer ungefähr 14mal leichter ist, als Quecksilber, so müßte man zu diesem Versuche eine 14mal so lange Röhre nehmen, wenn man dieselbe mit Waßer anstatt mit Quecksilber füllen wollte. In der That hält auch der Druck der Luft eine Waßersäule von $14 \times 28'' = 392'' = 32^2/_3{}'$ schwebend.

Beträgt der Querschnitt einer solchen Toricellischen Röhre 1 pariser Quadratzoll, so enthält sie 28 pariser Kubikzoll Quecksilber, welche ungefähr $15^4/_{10}$ pariser ℔ wiegen. Eine Luftsäule, deren Querschnitt ein pariser Quadratzoll und deren Höhe die Höhe der Atmosphäre (ungefähr 10 Meilen) ist, wiegt also auch $15^4/_{10}$ paris. ℔. Es hat demnach jeder in der Luft befindliche Körper fortwährend auf jedem paris. Quadratzoll seiner Fläche einen Druck von $15^4/_{10}$ ℔ auszuhalten, folglich ein Quadratfuß $144 \times 15\frac{4}{10} = 2217$ ℔; — und da die Oberfläche eines Menschen von mittlerer Größe 15 paris. Quadratfuß beträgt, so ist der Gesammtdruck der Luft, den er in jedem Augenblicke am ganzen Leib auszuhalten hat, $15 \times 2217 = 33255$ paris. ℔. Diesen ungeheuern Druck empfinden wir aber nicht, weil unser Körper vom Schöpfer so eingerichtet wurde, daß die inneren Flüßigkeiten gerade mit der gleichen Gewalt nach außen drücken, mit welcher die äußere Luft von allen Seiten auf den Körper drückt. Dies wird durch die Erfahrung der Reisenden auf sehr hohen Bergen, wo also an sich und wegen Abnahme der Schwere ein viel geringerer Luftdruck herrscht, bestätigt, denen aus Augen, Lippen, Zahnfleisch 2c.

blutige Flüßigkeit dringt, weil der Körper für stärkeren Luftdruck eingerichtet, also auf solchen Höhen das Gleichgewicht zwischen dem Druck von Innen nach Außen und von Außen nach Innen gestört ist, jener aber über diesen vorwaltet. Bei der Taucherglocke ists gerade umgekehrt. — Die außerordentliche Ermüdung beim Gehen auf sehr hohen Bergen ist ebenfalls eine Folge des abnehmenden Luftdrucks. Nach der Entdeckung der beiden Weber wird nämlich der kugelförmige Schenkelkopf in der halbkugelförmigen Beckenpfanne durch die Luft hineingedrückt und darin erhalten. Nimmt nun der Luftdruck so weit ab, daß er dem Beine nicht mehr das Gleichgewicht hält, so muß das Bein beim Gehen zum Theil von den Muskeln getragen werden, und daher die größere Ermüdung derselben.

§. 47. Das Barometer.

Die Beobachtung hat bald gelehrt, daß die Höhe der Quecksilbersäule in der Toricellischen Röhre nicht immer dieselbe ist, daß also der Druck der Luft veränderlich ist. Das hat Veranlaßung gegeben, jene Vorrichtung als Maaßstab für den Luftdruck — Barometer — zu benützen. Sie wird zu diesem Zwecke mit einer Skala versehen, auf welcher man die Höhe der Quecksilbersäule über dem Quecksilber im Gefäße ablesen kann. Statt des Gefäßes, in welches Toricelli seine Röhre stellte, biegt man der Bequemlichkeit wegen an den gewöhnlichen Barometern die Röhre am untern offenen Ende um und erweitert diese Umbiegung zu einem birnförmigen Gefäßchen, welches offen bleibt, damit der Druck der Luft hier ungestört sich äußere. Den Raum zwischen dem zugeschmolzenen Ende der Glasröhre und dem obern Ende der Quecksilbersäule, in welchem keine Luft ist, hieß man die Toricellische Leere, in welcher doch strenge genommen noch Quecksilberdämpfe enthalten sind. Bringt man das Barometer in eine schiefe Lage, so muß das Quecksilber diesen Raum, welcher keine Luft enthält, schnell und genau ausfüllen. Zu einem guten Barometer gehört ferner, daß die Röhre zwar nicht scharf gleich weit, aber jedenfalls nicht enger als 1½ Linien sei.

Das Quecksilber soll chemisch rein und trocken sein und wird, wie auch die Glasröhre, durch vorheriges Erhitzen von anhängenden Luft- und Waßertheilchen möglichst befreit.

a. Die Quecksilbersäule des Barometers steigt bei uns innerhalb eines Raumes von $2\frac{1}{2}''$ bayrisch. Heftige Stürme, Erdbeben und Gewitter, welche von großen Störungen im Gleichgewichte der Luft begleitet sind, werden in der Regel durch ein vorheriges starkes Fallen des Barometers angekündigt. Bei heiterem, sehr kaltem Wetter und klarem Himmel ist die untere Atmosphäre specifisch schwerer, als bei warmem Wetter (s. §. 48 u. 64.) und enthält nur wenig Waßer in Dampfform, welche Dämpfe im Verhältnis von 5 zu 8 specifisch leichter sind als trockene reine atmosphärische Luft an der Erde; dadurch wirkt der Luftdruck stark, und das Barometer steht in der Regel hoch, wie auch bei heiterem, sehr warmem Wetter, wo die untere Atmosphäre viel Waßerdämpfe von starker Spannung enthält.

Wenn aber durch Abkühlung der Luft diese Dämpfe ihre Spannkraft verlieren, so wird der Luftdruck dadurch verringert, und das Barometer fällt in der Regel. Die niedergeschlagenen Dämpfe erscheinen dann sehr bald als Wolken, Regen, Schnee. Ebenso steigt das Barometer bei dem trockenen Ostwind, fällt bei dem feuchten Westwind und steht am niedersten bei dem noch feuchteren Südwestwind. Da das Barometer solche Veränderungen in der Regel schon viel früher erkennen läßt, als dieselben selbst eintreten, so gilt es bei uns einigermaßen als Wetterprophet. Weil aber in der Atmosphäre oftmals verschiedene Umstände zusammenwirken, so wird deswegen der Luftdruck sehr modificirt und es werden daher weder alle Wetterveränderungen durch das Barometer vorher angezeigt (z. B. während 12 Jahren wurden in Padua von 1175 Regen nur 758 durch vorheriges Fallen des Barometers angezeigt), noch können alle Barometerschwankungen als Vorboten von Wetterveränderungen betrachtet werden. In allen Gegenden steht das Barometer wegen der Anziehung der Sonne auf die Atmosphäre durchschnittlich um 10 Uhr Morgens und

Abends am höchsten, um 4 Uhr Morgens und Abends am tiefsten; doch sind diese regelmäßigen, durch Sonne und Mond bewirkten Schwankungen in den Tropenländern viel leichter zu beobachten, als in unsern Gegenden, weil dort der Einfluß der Witterung weit geringer ist. Auch treten diese Wendepunkte im Sommer des Morgens 1 bis 2 Stunden früher, des Abends um eben so viel später ein. — Wir erkennen aus diesem Allen: **Der Luftdruck ist bei gleichem Wetter an einem und demselben Orte zu verschiedenen Zeiten verschieden.**

Anmerk. Zuverläßigere Wetterpropheten als das Barometer sind: 1) die Spinnen (am gründlichsten von Disjouval während seiner Gefangenschaft zu Utrecht 1787—95 beobachtet), welche durch Thätigkeit auf heiteres Wetter schließen laßen. Die Winkelspinne z. B. zeigt sich, wenn heitere Witterung kommt, mit dem Kopfe und streckt ihre Füße um so weiter hervor, je länger das Wetter so bleiben wird; vor dem Eintritt übler Witterung zieht sie sich zurück, vor recht stürmischer zieht sie sich ganz zurück. 2) Der Laubfrosch. 3) Der Steinschmerl, auch Wetterfisch genannt, den man in großen gläsernen Flaschen oder Kugeln hält, auf deren Boden etwas Sand ist. 4) Der Blutegel: liegt er zusammengekrümmt auf dem Boden, so ist dies Vorbote heiterer Witterung; das Gegentheil ist zu erwarten, wenn er behend in der Flasche umherschwimmt.

b. Die ganze Höhe der Atmosphäre hält einer Quecksilbersäule von 28″ = 336‴ paris. das Gleichgewicht. Denken wir uns die Atmosphäre in 336 Schichten getheilt, von denen jede so schwer ist, daß sie einer Quecksilbersäule von 1‴ Höhe das Gleichgewicht hält, so ruhen auf der untersten Schichte 335 andere gleichschwere Schichten; die unterste ist daher am meisten zusammengedrückt, folglich ihre Luft am dichtesten; es wird also auch die unterste Schicht die geringste Höhe haben, um für sich allein einer Quecksilbersäule von 1‴ Höhe das Gleichgewicht zu halten. Ueber der zweiten Schicht liegen nur 334 gleichschwere Schichten, sie leidet daher einen geringeren Druck, nämlich den einer Quecksilbersäule von nur 334‴ Höhe, die Luft ist folglich in ihr weniger dicht, daher diese Schicht höher, als die vorige. Aus demselben Grunde hat jede höhere Schicht weniger dichte Luft, aber größere Höhe, als die unter

ihr befindliche. Wenn man sich von der Erde nahe der Meeresfläche um 73′ (d. i. nach §. 46. 10800 Linien) erhebt, so sinkt die Quecksilbersäule von 336‴ pariser auf 335, also um 1‴; daher beträgt die Höhe der ersten Schichte 73′, und die jeder folgenden mehr. Dürfte man voraussetzen, daß die Dichtigkeit der Luft, innerhalb jeder Schichte wenigstens, gleich wäre und daß die Abnahme der Schwere in größeren Höhen keinen Einfluß auf die Luft übte, so könnte man, von geographischer Breite, sowie von Feuchtigkeit und Wärme der Luftschichten abgesehen, mittelst §. 48. bald herausbringen: da der Druck auf den untersten Theil der zweiten Schicht nur $\frac{335}{336}$ des Druckes auf den untersten Theil der ersten Schicht ist, so muß die Höhe der zweiten Schicht etwa in gleichem Verhältnis größer sein, als der Druck kleiner ist, nämlich $\frac{336}{335} \times 73' = 73\frac{13}{335}'$; die Höhe der dritten $\frac{336}{334} \times 73' = 73\frac{146}{334}'$, die Höhe der 20sten Schicht 77 $^3/_8$, endlich die ganze Höhe der 20sten Schicht über der Meeresfläche gleich der Summe der einzelnen Schichtenhöhen, d. i. 1502 und ungefähr $^{24}/_{25}$′. Das genaue Barometer wird zu Höhenmeßungen benützt; diese erfordern aber auch noch jene schwierigen Berechnungen über den Einfluß der vorhin genannten Einwirkungen, welche dabei in Anschlag gebracht werden müßen. Das Barometer steht auf dem Brocken 24 $^1/_2$, auf dem St. Gotthard 21, auf dem Aetna 19, auf dem Montblanc 16, auf dem Chimborasso 12 $^5/_6$ pariser Zoll hoch. — Die ersten Höhenmeßungen mittelst des Barometers machten Perrier und Paskal 1648 auf dem Puy de Dom. — Wir erkennen aus Obigem: der Luftdruck ist bei gleichem Wetter zu derselben Zeit an Orten, welche in verschiedener Höhe über der Meeresfläche liegen, verschieden.

§. 48. Das Mariotte'sche Gesetz.

Mariotte († 1684) nahm, um das vorhin vorausgesetzte Verhältnis zwischen Druck und Raum der Luft scharf auszumitteln, eine sehr genau gleich weite Barometerröhre Fig. 24, schmelzte sie bei b zu und bog sie unten so um, daß ein langer offener Schenkel neben dem kurzen entstand. Nur wenige

Tropfen Quecksilber in die Mündung c gegoßen, stellen gleiches Niveau aa, und folglich gleiche Spannung der Luft, in beiden Schenkeln her; mehr Quecksilber nachgegoßen, bewirkt ein ungleiches Steigen der beiden Spiegel in beiden Schenkeln, wodurch also die zwischen a b steckende Luft zusammengepreßt wird. Ist der Spiegel genau bis auf die Mitte zwischen a und b gestiegen, so findet sich die Höhe des Spiegels in h über jenem, gerade so groß, wie die Barometerhöhe, woraus folgt, daß die in a b eingesperrte Luft, eine Spannung von 2 Atmosphären hat. Ist der offene Schenkel lang genug, so kann man auf diese Weise zeigen, daß ein Druck von 3, 4, 5 Atmosphären die Luft auf $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$ ihres ursprünglichen Volumens zusammenpreßt und die Dichte derselben also auf das 3-, 4-, 5fache steigert. — Das nämliche Verhältnis findet auch bei Verdünnung der Luft statt. Daraus hat nun Mariotte sein Gesetz hergeleitet: Die Dichte und Spannung der Luft wächst wie die pressende Kraft, während ihr Raum eben so abnimmt. Die Gültigkeit dieses wichtigen, auch für Gase gültigen Gesetzes ist bis zu 112facher Verdünnung und 30facher Verdichtung der Luft durch neuere Versuche nachgewiesen.

Die Elasticität der Luft nimmt durch lang andauernde Zusammenpreßung nicht ab, wenn sie nicht chemisch verändert wird.

§. 49. Die Luftpumpe.

Um die Erscheinungen hervorzubringen, welche mit der Verdünnung der Luft verbunden sind, bedient man sich der Luftpumpe. Der Erfinder derselben ist Otto von Guerike, Bürgermeister von Magdeburg; er experimentirte mit derselben vor Kaiser Ferdinand III. auf dem Reichstage zu Regensburg 1654. — Ihre wesentlichsten Theile veranschaulicht Fig. 25. Der hohle Cylinder a steht durch die Röhre l m in Verbindung mit der Glasglocke q (Recipient genannt), welche luftdicht auf der Scheibe o p sitzt, die man den Teller der Luftpumpe nennt. Die Glocke q bildet den Raum, in welchem die Luft verdünnt

werden soll. Dazu dient der in den Cylinder a luftdicht paßende Kolben h, dessen Ventil sich mit größter Leichtigkeit nach oben öffnet, wenn der Luftdruck unten stärker ist, als oben. Die Stange k ist das Ventil für den Cylinder. Sie wird nämlich mit dem Kolben h gleichzeitig gehoben, stößt aber bald mit ihrem obern Ansatz an die obere Platte des Cylinders. Geht sodann der Kolben h abwärts, so wird gleichzeitig der untere kegelförmige Theil der Stange k in die genau paßende Oeffnung e niedergedrückt. — Wird der Kolben, der bis b c im Cylinder stak, in die Höhe gezogen, so entstände ein luftleerer Raum, wenn beide Ventile bei e und h geschloßen blieben; das Ventil bei e wird aber von der zum Theil aus der Glocke in den Cylinder strömenden, sich ausdehnenden Luft geöffnet. Da zugleich das Ventil bei h verschloßen bleibt, so wird dadurch die Luft in der Glocke, im Kanal und im Cylinder verdünnt. Drückt man jetzt den Kolben wieder ganz in den Cylinder hinab, so schließt sich das Ventil e, weil zugleich die Stange k abwärts gedrückt wird, die im Cylinder enthaltene Luft wird zusammengepreßt, öffnet das Ventil bei h und entweicht ins Freie. Bei abermaligem Hinaufziehen des Kolbens wird die Luft wieder verdünnt, es wird durch abermaliges Hinabdrücken des Kolbens wieder ein Theil derselben fortgeschafft, und so bringt man es durch Fortsetzung dieser Arbeit endlich dahin, daß die Luft in hohem Grade verdünnt ist. Bei guten Luftpumpen wird die Dichte der Luft im Recipienten auf $1/300$ von der Dichte der äußern Luft gebracht. Bei m oder l ist ein Hahn angebracht, mittelst dessen man wieder Luft in den Recipienten einlaßen kann.

Die Experimente mit der Luftpumpe beweisen:

1) Den Druck der Luft: a) Der Recipient sitzt unverrückbar fest, so bald die Luft in ihm verdünnt ist. b) Die Magdeburger Halbkugeln — zwei hohle Halbkugeln die genau an einander paßen — können nur durch sehr große Gewalt getrennt werden, wenn sie luftleer sind. 16 Pferde waren nicht im Stande, die großen luftleer gemachten Halbkugeln zu trennen, welche Guerike 1654 zu Regensburg zeigte; unter dem

Recipienten fallen sie aber von selbst auseinander. c) Eine Glasplatte, welche luftdicht auf einem Ringe von Metall liegt, oder eine darüber gespannte Haut, werden durch die äußere Luft eingedrückt, wenn unter ihnen die Luft verdünnt wird. d) In einem Barometer unter dem Recipienten sinkt der obere Spiegel um so tiefer, je mehr die Luft verdünnt wird; zuletzt höchstens bis auf ²/₃ Linien. e) Ein luftleeres Gefäß ist leichter, als wenn es Luft enthält. f) Nimmt man statt des gewöhnlichen Recipienten einen Glascylinder, auf den man ein hölzernes, mit Quecksilber gefülltes Gefäß luftdicht stellt, so wird, wenn man die Luft im Cylinder verdünnt, das Quecksilber durch die Poren des Holzes gepreßt und fällt im Cylinder als feiner „Silberregen" hinab. g) Ein Stechheber (§. 46.) entleert sich im luftverdünnten Raume, auch wenn er oben geschloßen bleibt.

2) Das Bestreben der Luft, sich auszudehnen: a) Eine fest zugebundene Blase, die wenig Luft enthält, dehnt sich unter der Glocke beim Verdünnen aus, hebt sogar ein darauf gestelltes Gewicht, und zerspringt; eben so zerspringt ein fest verschloßenes Arzneigläschen; lufthaltiger Thon dehnt sich aus. b) Ein Ei, das man an der Stelle geöffnet hat, welche beim Schwimmen im Salzwaßer am tiefsten lag, gibt seinen Inhalt in ein untergestelltes Gefäß, wenn die Luft verdünnt wird, weil die in seinem obern Theil enthaltene Luft sich ausdehnt. Beim Zutritt der äußern Luft füllt es sich wieder an. c) Aus Wein, Bier und andern Flüßigkeiten entwickeln sich im luftleeren Raume eine Menge Luftblasen (Schaum). d) Ein runzliger Apfel dehnt sich zu seiner vorigen Größe aus.

3) Den Widerstand, den die Luft fallenden Körpern entgegensetzt: a) Alle mechanischen Bewegungen geschehen im luftverdünnten Raume mit größerer Geschwindigkeit, als in der Luft. b) Alle Körper fallen im luftleeren Raume gleich schnell. c) Rauch fällt wie ein schwerer Körper.

4) Die Nothwendigkeit der Luft (des Sauerstoffes in derselben) zum Leben und Brennen: In der verdünnten Luft sterben Thiere, Lichter erlöschen, Stahl gibt keine Funken, Pulver entzündet sich nicht.

Die großartigste Anwendung der Luftpumpe haben Clegg und Samuda mit Anlegung einer, freilich wenig practischen, atmosphärischen Eisenbahn gemacht. In der Mitte zwischen den Schienen liegt nach der ganzen Länge der Bahn eine gußeiserne Röhre, die Treibröhre, in welcher sich ein luftdicht anschließender Kolben befindet. Im Bahnhofsgebäude pumpt eine große Luftpumpe, welche durch Dampfkraft in Bewegung gesetzt wird, die Luft aus der Treibröhre auf derjenigen Seite des Kolbens, nach welcher der Zug gehen soll. Durch den Druck der hinter dem Kolben einströmenden Luft wird derselbe vorwärts geschoben. Die Treibröhre hat aber der ganzen Länge nach einen durch Klappen verschloßenen Spalt. Durch diesen geht von dem Kolben eine starke Stange zum ersten Wagen. Die Klappen werden durch einen Druck von innen geöffnet, um der Kolbenstange den Durchgang zu gestatten. Ein kleines Rad drückt dieselben wieder zu, wenn die Kolbenstange vorüber ist, und besorgt mittelst eines Kittes den luftdichten Schluß der Klappen, jedoch nur unvollkommen.

§. 50. Die Compressionspumpe.

In der Compressionspumpe wird die Luft auf ähnliche Weise verdichtet, wie sie in der Luftpumpe verdünnt wird; nur müßen die Ventile sich in umgekehrter Art öffnen und schließen, damit hier Luft eingepumpt werde, wenn sie bei der Luftpumpe ausgepumpt wird. Auch muß der Recipient auf dem Teller festgeschraubt sein. Eine sehr einfache Art von Verdichtungspumpen ist Fig. 26 abgebildet. In dem Cylinder a b bewegt sich der Kolben c, luftdicht anschließend. Ist er in e, so tritt durch die Oeffnung d Luft in den Cylinder; wird er bis g hineingetrieben, so öffnet die zusammengepreßte Luft das bei g angebrachte Ventil gegen f hin und tritt in das bei f angeschraubte Gefäß; wird er wieder nach e zurückgezogen, so schließt sich bei g das Ventil, so daß die im Gefäße enthaltene Luft nicht wieder herauskann. Je öfter diese Arbeit wiederholt wird, desto mehr wird die Luft in dem Gefäße verdichtet. (§. 45.) —

Die wichtigsten Erscheinungen, welche sich hier darbieten, sind folgende:

1) Eine stark aufgetriebene Blase wird zusammengedrückt.
2) Eine feine, geschloßene Glaskugel wird zerdrückt.
3) Der Unterschied der Fallzeit leichter und schwerer Körper ist in verdichteter Luft noch bedeutender, als im Freien.

§. 51. Werkzeuge mit einfachem und verstärktem Luftdruck.

a) Der Heber ist eine gekrümmte Röhre (a b c Fig. 27), deren einer Schenkel etwas länger sein kann, als der andere. Taucht man den einen Schenkel in eine Flüßigkeit und saugt an der Oeffnung a des andern Schenkels die Luft aus der Röhre, so drückt die atmosphärische Luft auf die Flüßigkeit, welche dann in der Röhre empor steigt, bei b in den andern Schenkel überfließt und nur dann, aber auch so lange an der Mündung a ausströmt, als diese tiefer liegt als der Spiegel d e im Gefäße, vorausgesetzt, daß die Flüßigkeit specifisch schwerer ist, als atmosphärische Luft. Bei a findet nämlich ein Druck der Luft nach oben und zugleich ein Druck der Flüßigkeit nach unten statt. Jener aufwärts gerichtete Luftdruck ist um das Gewicht einer Luftsäule von der Höhe a f größer als in d, und der abwärts gerichtete Flüßigkeitsdruck in a ist um das Gewicht einer Flüßigkeitssäule von derselben Höhe a f größer als in d; folglich muß in a eine diesem Gewichtsunterschied entsprechende Bewegung der Flüßigkeit nach unten oder nach oben erfolgen, je nachdem die Flüßigkeit (welche auch eine andere Luftart sein kann) specifisch schwerer oder leichter, als die atmosphärische Luft ist, und es wird gar keine Bewegung erfolgen, wenn diese spec. Gewichte gleich sind.

Auf die Wirkung des Hebers gründet sich der Vexirbecher, so wie gewisse Quellen, welche nur von Zeit zu Zeit fließen. Auch die höchst merkwürdigen Erscheinungen des Czirknitzer Sees — welcher bei trockenem Wetter all sein Waßer in eine Menge von Löchern in seinem Grunde abfließen läßt, nach heftigen Regengüßen rc. aber sich binnen 24

Stunden wieder füllt, obgleich seine Oberfläche 3 Quadratmeilen beträgt — finden ihre einleuchtendste Erklärung durch die Annahme, daß der See mit unterirdischen Waßerhöhlen zusammenhängt, welche theils unter ihm, theils höher als er, liegen und von denen letztere wie Heber wirken. — Canal von Languedoc. — Wenn in einem Gefäße zwei sich nicht mischende Flüßigkeiten über einander lagern, so kann man natürlich die untere mittelst eines Hebers ausfließen laßen, ohne die obere aus dem Gefäße entfernen zu müßen, z. B. Luft und Waßer, Oel und Waßer rc.

b) Der Heronsball ist ein Gefäß (Arzneiglas rc.), welches zum Theil mit Waßer gefüllt ist. Durch den Hals des Gefäßes geht ein Rohr, welches bis nahe an den Boden hinabreicht und oben in eine feine Spitze ausgezogen ist. Verdichtet man die Luft über der Flüßigkeit, so ist der Druck von innen stärker, als von außen, und deshalb dringt das Waßer aus der Röhre hervor. (Trinkfläschchen der Kinder.)

c) Der Heronsbrunnen (Fig. 28). Die Waßersäule a preßt die Luft in b zusammen, diese drückt auf den Waßerspiegel in c und in Folge dieses Druckes muß das Waßer in d herausspringen.

d) Die Feuerspritze. Ihre Hauptheile (Fig. 29) stehen in einem Waßerbehälter. Die Cylinder b und c sind bei f und g mit Ventilen versehen, welche sich öffnen, sobald die Kolben in die Höhe gehen; dadurch füllen sich die Cylinder mit Waßer. Gehen die Kolben herab, so schließen sich durch den Druck des Waßers diese untern Ventile und es öffnen sich die Ventile in den Gurgelröhren d und e, so daß das Waßer in den luftdichten Windkeßel w tritt. In diesem reicht das eingeschraubte Ausflußrohr f bis nahe an den Boden, und das Waßer wird nun wie im Heronsbrunnen durch den Druck der gespannten Luft in der Röhre f gleichmäßig mit Gewalt in die Höhe getrieben. Die beiden Kolbenstangen sind an einem in der Mitte (m) drehbaren Druckbaum r s so angebracht, daß der eine Kolben steigt, während der andere sinkt, wodurch eine Erleichterung der Arbeit stattfindet.

e) Taucht man eine Röhre mit dem einen Ende unter Waßer und zieht einen in derselben genau anschließenden Kolben in die Höhe, so füllt sich die Röhre mit Waßer. Dieser Apparat, an dem erwähnten Ende mit einer engen Oeffnung versehen, ist die gewöhnliche Handspritze. Auf dieser Erscheinung beruht auch die Saugpumpe. Die einfachste ist die gewöhnliche, aus gut zusammengefügten hölzernen Röhren hergestellte Brunnenpumpe. Der untere Theil der Röhre heißt Saugröhre, steht zum Theil im Waßer und ist unten offen, am obern Ende aber durch ein Klappenventil geschloßen, welches sich aufwärts öffnen kann. Ueber dieser Klappe steckt ein etwas weiteres Rohr luftdicht auf dem Saugrohr — der Stiefel, — welcher oben mit der Ausflußröhre versehen ist. Im untern Theil des Stiefels wird der hohle Kolben, auf welchem ein nur aufwärts sich öffnendes Klappenventil liegt, durch die Kolbenstange mittelst eines verschieden geformten Zughebels auf und ab bewegt. Bei der ersten aufwärtsgerichteten Bewegung desselben entsteht zwischen dem Saugröhrenventil und dem Kolben ein Raum mit verdünnter Luft, und da die atmosphärische Luft immerwährend auf den Waßerspiegel drückt, so drängt sie etwas Waßer in der Saugröhre aufwärts, welches die eingeschloßene Luft zwingt, das Saugventil zu heben und in jenen luftverdünnten Raum überzufließen. Wird der Kolben niedergedrückt, so öffnet sich wie bei der Luftpumpe (§. 49.) das Kolbenventil und die Luft entweicht. Durch wiederholte Kolbenzüge wird so das Waßer in der Saugröhre immer höher steigen und zuletzt das Saugventil erreichen, wenn es nicht höher als 32′ (§. 46. Toricelli) über dem Waßerspiegel steht. Bei jedem weiteren Kolbenzug gelangt mehr Waßer über das Saugventil, welches sich vor jedem Kolbenniedergang schließt, während sich das Kolbenventil öffnet, wobei das Waßer auch über den Kolben steigt, bis es zuletzt nach wiederholtem Pumpen oben ausfließt. In der gewöhnlichen Praxis wird übrigens die Höhe von 32′ fürs Saugventil lange nicht erreicht, sondern kaum mehr als 20—25′, weil Ventile und Röhren nicht so absolut dicht hergestellt werden können. Daß auf hohen

Bergen das Saugventil noch weniger hoch, in tiefen Bergwerken aber höher stehen könne, als in unseren Gegenden, ist aus dem Früheren klar.

f) Die **Druckpumpen** unterscheiden sich von Saugpumpen nur wenig und besonders dadurch, daß die Saugröhre sehr kurz und der Kolben massiv ist. Vom untern Theile des Stiefels geht die Steigröhre seitwärts in die Höhe. Beim Kolbenzug füllt sich ein Theil des Stiefels mit Waßer, wie bei der Saugpumpe; beim Kolbenniedergang wird das Waßer in die Seitenröhre gepreßt. Damit es aber nicht wieder zurückfließe, ist da, wo die Steigröhre in den Stiefel mündet, ein Ventil angebracht, welches sich nur nach der Steigröhre hin öffnet. Beide Pumpengattungen erfordern gleichviel Kraft unter gleichen Umständen.

g) In der **Windbüchse** treibt die verdichtete Luft eine Kugel rc. vorwärts, indem sie aus einem engen Raume (Windkammer) plötzlich auf die Kammer hervortritt und ihre gewöhnliche Spannung wieder annimmt.

Anmerk. Auf dem Druck der Luft und der Erzeugung eines luftverdünnten Raumes beruht auch das **Athmen** und **Saugen**. Indem wir mittelst besonderer Muskeln den Raum unserer Brusthöhle und Lunge erweitern, wird die Luft in derselben verdünnt, in Folge dessen drängt sich die atmosphärische Luft in unsere Brust, d. h. es findet Einathmung statt. Wird dagegen durch das Zusammenziehen der Brust- und Lungenwände die Luft zusammengepreßt, so tritt sie aus der Lunge, d. h. es findet Ausathmung statt.

§. 52. Einfluß der Luft auf das Gewicht der Körper.

Wie im Waßer (vgl. §. 41.), so verlieren auch in der Luft die Körper so viel an ihrem Gewichte, als die Luft wiegt, welche sie aus dem Raume verdrängen. Im luftverdünnten Raume erscheint derselbe, vorher in der Luft abgewogene Körper leichter, wenn die Gewichtstücke einen größern Raum einnahmen, als der abgewogene Körper (z. B. Gold durch messingne Gewichtstücke gewogen); hingegen **schwerer**, wenn die Gewichtstücke einen kleinern Raum einnahmen (z. B. Holz durch steinerne Gewichtstücke abgewogen). Auf

der Federwage muß überhaupt jeder Körper im luftverdünnten Raume schwerer erscheinen, als im lufterfüllten; deshalb sind auch eiserne und bleierne Gewichtstücke etwas verschieden, wenn man sie so wiegt; doch ist die Differenz sehr klein, da nach §. 46. das Gewicht der verdrängten gewöhnlichen Luft, bei Waßer $1/_{800}$, bei Eisen $1/_7 \times 1/_{800} = 1/_{5600}$, bei Blei $1/_{11} \times 1/_{800} = 1/_{8800}$; also für 8 Centner Waßer, 56 Centner Eisen und 88 Centner Blei jedesmal erst 1 ℔ beträgt, was fürs gemeine Leben unberücksichtigt bleiben kann. Eine große hohle Kugel, die bei mittlerer Dichte der Luft, am einen Arme eines Wagbalkens aufgehängt, einer kleinen massiven Kugel am andern Arme des Wagbalkens das Gleichgewicht hält, wird steigen, wenn die Dichte der Luft zunimmt, — sinken, wenn die Dichte der Luft abnimmt. Versieht man den Wagbalken in seiner Mitte mit einem Zeiger, der sich über einer halbkreisförmigen Skala bewegt, so hat man Guerike's Manometer (Dichtigkeitsmeßer).

Körper, welche weniger wiegen, als die verdrängte Luft, steigen in ihr bis auf die Höhe, wo sie so viel wiegen, als die verdrängte Luft, wie die Wolken, der Rauch, viele Dämpfe, die Luftballons.

Die Brüder Montgolfier füllten 1782 den ersten kleinen Aërostaten mit erhitzter Luft. Cavendish's Entdeckung der Leichtigkeit des Waßerstoffgases benützten Charles und Pilatre de Rozier und erhoben sich in einem mit diesem Gase gefüllten Ballon 50′ hoch in die Luft. Bald darauf machte der Letztere die erste kühne Luftfahrt; bei einer späteren verlor er sein Leben. Blanchard reiste 1785 von Dover nach Calais im Luftschiffe. In der Folge bedienten sich die Franzosen dieser Erfindung im Kriege, um die Stellung der Feinde zu erkennen. Gelehrte unternahmen wißenschaftliche Luftreisen, Gay-Lussac erhob sich bei einer derselben beinahe 7600 Meter oder nahe 26000 bayr. Fuß hoch, wobei er sehr werthvolle Beobachtungen über Zustände der Luft in verschiedener Höhe anstellte. Im November 1836 flog Green mit zwei Gefährten in

einem mit Kohlenwaßerstoffgas gefüllten Ballon von London bis Weilburg im Nassauischen, 200 Stunden weit in 19 Stunden.

§. 53. Verdichtung der Gase durch Anziehung.

Wenn man ein Gefäß mit Waßer, auf welchem Holzstückchen schwimmen, unter den Recipienten der Luftpumpe bringt und die Luft verdünnt, so fallen die Holzstückchen zu Boden. Das Waßer kann erst dann in vollem Maaße ins Holz eindringen, nachdem durch Beseitigung des äußern Luftdrucks die Luft aus den Poren des Holzes entwichen ist. Derselbe Versuch kann auch mit Holzkohlen angestellt werden. — Er beweist, in Verbindung mit anderen ähnlichen Versuchen, daß bei dem gewöhnlichen Drucke der Luft diese, wie andere Gase, von manchen flüßigen oder festen Körpern angezogen und verdichtet wird, welche Körper jedoch diese Fähigkeit nach Verhältnis ihrer Verwandtschaftsgröße, oder ihrer Dichte und Aggregatform in sehr verschiedenem und oft in geringem Maaße besitzen. Von dem auf diese Weise verschwundenen Gase sagt man, es sey von dem festen Körper verschluckt oder absorbirt worden. Das Vermögen, Gase zu absorbiren, zeigt ganz besonders die frisch geglühte Kohle; denn bleibt 1 Volumen derselben über Quecksilber mit den Gasarten abgesperrt stehen, so verschluckt sie jedesmal von Sauerstoffgas 9 ¹/₄; von Waßerstoffgas 1 ¹/₄; von Stickstoffgas 7 ¹/₂; von Stickstoffoxydgas 40; von Kohlenoxydgas 9 ¹/₂; von Kohlensäuregas 35; von Salzsäuregas 85; von Schwefligsäuregas 65; von Ammoniakgas 90; von ölbildendem Gas 35; von Schwefelwaßerstoffgas 55 Volumen u. s. w. Daher wird frisch geglühte Kohle, an der Luft liegend, durch Verschluckung von Luft und Feuchtigkeit um 18 Procent schwerer. Manche Gase werden von manchen sehr porösen Körpern so sehr verdichtet, daß sie sich entzünden, z. B. ein Gemenge von Waßerstoffgas und Sauerstoffgas durch frisch geglühte Kohle oder durch fein zertheiltes Platin (Platinschwamm, Döbereiners Platinfeuerzeug), oder durch schwammiges Iridium, Osmium, Rhodium,

feines Blattgold, Silberpulver, Bimsstein, Glas, Porcellan, feinen spiralförmig gewundenen Platindraht u. s. w.; die letzten 8 Körper bewirken dies jedoch nur unter Mitwirkung von Wärme. Daß in allen diesen Fällen die Zersetzung des Gases durch die in Folge der Anziehung eintretende Verdichtung und Erhitzung veranlaßt werde, folgt daraus, daß auch mechanische Gewalt (Compressionspumpe) denselben Erfolg herbeiführt, während bei Ausdehnung des Gases durch die Luftpumpe, keine Entzündung u. s. w. erfolgt. Vergl. §. 69.

§. 54. Erscheinungen beim Ausströmen der Gase.

Wie ausströmende tropfbare Flüßigkeiten (vgl. §. 40.), so üben auch ausströmende Gase eine rückwirkende Kraft. Daher kommt das Steigen der Raketen, das Drehen der Feuerräder, der Rücklauf der Geschütze, das Stoßen der Schießgewehre. Der Stoß wächst mit der Geschwindigkeit und der Masse der zum Stoße kommenden Luft. — Beim Ausströmen der Gase aus Röhren findet, wie beim Ausströmen von tropfbaren Flüßigkeiten (vgl. §. 43.), eine Zusammenziehung des Strahles statt. Die Menge des ausströmenden Gases kann vermehrt werden, wenn dasselbe durch ein kurzes konisches Ansatzrohr ausströmt, dessen Wände einen Neigungswinkel von 11° — 12° faßen. Gase, welche in Röhrenleitungen fortströmen, verlieren durch den Röhrenwiderstand ziemlich viel an ihrer Bewegung, und die am Ende der Leitung ausfließende Menge Gas ist um so geringer, je länger und enger die Leitung und je größer die Geschwindigkeit der Gasbewegung ist.

Sechster Abschnitt.

Der Schall.

---

§. 55. Erzeugung des Schalles.

Wenn zwei feste Körper gegen einander stoßen, und dieser Stoß durch irgend ein Mittel auf die normalen Gehörorgane fortgepflanzt wird, so nimmt der Gehörsinn in der Regel einen „Schall" wahr. Zur Erzeugung des Schalles sind harte und elastische Körper (z. B. Glockenspeise, Silber, Messing, gespannte Saiten, Glas, Porcellan ꝛc.) weit beßer geeignet, als weiche und weniger elastische (z. B. Gold, Blei, Zinn, Wachs ꝛc.). Doch erzeugen selbst tropfbare Flüßigkeiten einen Schall, wie das Rauschen der Ströme ꝛc. beweist, und die Luft selber erscheint uns nicht nur bei der menschlichen und thierischen Stimme, so wie bei allen Blasinstrumenten als schallerzeugend, sondern auch beim Heulen des Windes, beim Donner, beim Schießen, beim Knallen der Peitsche ꝛc. — Nähert man einen an einem Faden hängenden leichten Körper (Streifen Papier, Hollundermarkkügelchen ꝛc.) z. B. einer tönenden Glocke, oder bringt man denselben in die Oeffnung einer tönenden Pfeife, so wird man sehen, daß derselbe alsbald durch die schwingende Luft mit in schwingende Bewegung geräth. Jeder schallende Körper befindet sich in schwingender Bewegung und setzt die ihn umgebende Luft gleichfalls in solchen Zustand. — Folgen die Schwingungen in ungleichen Zeiten auf einander, so entstehen Schalle, welche wir als Raßeln, Sausen, Brausen, Geräusch ꝛc. bezeichnen. Folgen sie aber regelmäßig und so schnell auf einander, daß unser Ohr sie als ein Ganzes auffaßt und angenehm angeregt wird, so heißen diese Schalle „Ton." Töne, welche angenehm zusammenklingen, heißen consonirend (Consonanzen); die entgegengesetzten dissonirend (Dissonanzen.)

§. 56. Schwingungen fester Körper.

a) der Saiten.

Die Schwingungen der Saiten laßen sich am besten auf dem Monochord beobachten. Dieses besteht aus einem länglich viereckigen Kasten, dessen obere Platte ein Resonanzboden ist. Ueber diesen sind Stahl- oder Darmsaiten entweder durch Gewichte, oder durch Wirbel gespannt. Sie ruhen an beiden Enden des Kastens auf unbeweglichen Stegen, mittelst eines beweglichen Steges aber kann man den schwingenden Theil der Saite verlängern oder verkürzen. Durch die sorgfältigsten Versuche ist nachgewiesen, daß allgemein ein Ton um so höher ist, je schneller die Schwingungen auf einander folgen, oder: je mehr Schwingungen der tönende Körper in derselben Zeit macht. Dies auf die Tonleiter von C dur angewendet, gibt folgende Zahlenausdrücke:

	C	D	E	F	G	A	H	c	
I.	1	$^9/_8$	$^5/_4$	$^4/_3$	$^3/_2$	$^5/_3$	$^{15}/_8$	2	Schwingungen.
In ganz. Zahlen	24,	27,	30,	32,	36,	40,	45,	48.	

Man bemerke dabei, daß die einfachsten Zahlenverhältnisse die consonirendsten Intervalle geben.

Die Anzahl der Schwingungen einer Saite ist aber von der Länge, Dicke, Spannung und der Dichtigkeit ihrer Materie abhängig. — Denken wir uns die Spannung einer Saite des Monochords unverändert, verändern aber ihre Länge durch Verschiebung des beweglichen Steges, so gebe die ganze Saite den Grundton, dann findet ein geübtes Ohr, daß die halbe Saite die Octave, $^8/_9$ die Secunde, $^4/_5$ die große Terz, $^3/_4$ die Quarte, $^2/_3$ die Quinte, $^3/_5$ die Sext, $^8/_{15}$ die Septime gibt. Dies auf die C dur-Tonleiter angewendet, gibt nachstehende Längen

	C	D	E	F	G	A	H	c	
II.	1	$^8/_9$	$^4/_5$	$^3/_4$	$^2/_3$	$^3/_5$	$^8/_{15}$	$^1/_2$	derselben ursprünglichen Saite.

Weil man auch durch Umkehrung dieser Zahlen die Ausdrücke in I erhält, so folgt daraus das Gesetz; 1) Eine und dieselbe Saite macht um so mehr Schwingungen, oder gibt einen um so höheren Ton, je kürzer sie ist.

Beziehen wir das Monochord mit Saiten von verschiedener Dicke, aber von gleichem Stoff, gleicher Länge und gleicher Spannung, so wird eine dieser Saiten, welche halb so dick ist, als eine andere, die Octave der letztern geben; wir werden überhaupt für die Dicke der Saiten ganz die nämlichen Zahlenausdrücke erhalten, wie sie oben für die Länge derselben Saite, also bei einerlei Dicke hingestellt sind, und erkennen daraus das Gesetz: 2) *Eine Saite macht um so mehr Schwingungen, oder gibt einen um so höheren Ton, je geringer ihre Dicke ist.*

Nehmen wir wieder eine Saite und laßen deren Länge unverändert, spannen sie aber nach und nach durch verschiedene Gewichte, so wird sie, wenn sie z. B. durch 1 ℔ gespannt, den Grundton gibt, bei einer Spannung durch 4 ℔ die Octave geben, bei $^{81}/_{64}$ ℔ die Secunde, bei $^{25}/_{16}$ ℔ die große Terz u. s. w., wie die Zahlen der folgenden auf die Tonleiter von C dur angewendeten Reihe für die Spannungen sehen lassen.

	C	D	E	F	G	A	H	c
III.	1	$^{81}/_{64}$	$^{25}/_{16}$	$^{16}/_{9}$	$^{9}/_{4}$	$^{25}/_{9}$	$^{225}/_{64}$	4

Wir erhalten diese Ausdrücke, indem wir die bei I. mit sich selbst multipliciren („ins Quadrat erheben"), und erkennen als Gesetz: 3) *Eine Saite macht um so mehr Schwingungen, oder gibt einen um so höheren Ton, je gespannter sie ist, und zwar nimmt die Spannung im quadratischen Verhältnis zu, wenn die Schwingungen im einfachen Verhältnis wachsen.*

Würden wir homogene Saiten von verschiedener, aber *gleichförmig* in der ganzen Saite vertheilten Dichtigkeit, d. h. von verschiedenem specifischen Gewichte (Metall- u. Darmsaiten; die übersponnenen sind nicht homogen), bei gleicher Spannung, Länge und Dicke über das Monochord ziehen, so müßten z. B. für die Tonleiter von C dur die specifischen Gewichte der einzelnen Saiten, sich wie folgt zu dem specifischen Gewicht der ersten Saite verhalten:

	C	D	E	F	G	A	H	c
IV.	1	$^{64}/_{81}$	$^{16}/_{25}$	$^{9}/_{16}$	$^{4}/_{9}$	$^{9}/_{25}$	$^{64}/_{225}$	$^{1}/_{4}$

Wir erhalten diese Ausdrücke, wenn wir die bei III. um-

kehren, oder die bei II. ins Quadrat erheben, und erkennen als Gesetz: 4) Eine Saite macht um so mehr Schwingungen, oder gibt einen um so höheren Ton, je geringer ihre Dichte ist, und zwar muß die Dichte im Quadrat abnehmen, wie die Anzahl der Schwingungen einfach zunimmt. Das Ueberspinnen der Saiten hat den gleichzeitigen Zweck, ihr specifisches Gewicht zu vermehren. Da nach §. 42 das specifische Gewicht des Stahls und Messings nahezu gleich ist, so muß der Ton einer Messingsaite unter gleichen Umständen nahe dem Ton einer Stahlsaite gleich sein, während eine Darmsaite viel höhere Töne (wenigstens Octav) gibt. Messing leidet weniger vom Rost, als Stahl; dies hat auf dauernde Saitendicke Einfluß. Die absolute Festigkeit von Stahldraht ist wenigstens 4mal größer, als die des Messings; daher muß man zu hohen Tönen, der größeren Spannung wegen, Stahlsaiten nehmen.

Nach Dulong macht der tiefste Ton, das Subcontra-C 32, das Contra- C 64, das große C 128, u. s. f. jedes um eine Octave höhere c noch einmal so viel Schwingungen, als das vorhergehende, das fünfgestrichene c 8192 Schwingungen. Hieraus laßen sich die Schwingungszahlen aller übrigen Töne mittelst der bei I. angegebenen Verhältniszahlen berechnen. Z. B. zum eingestrichenen c gehören 512 Schwingungen, folglich zum eingestrichenen a, das die Stimmgabeln angeben $5/3 \times 512 = 853\,1/3$ Schwingungen. Der tiefste Ton der Männerstimme macht 192, der höchste Ton der weiblichen Stimme 1720, der höchste vernehmbare Ton 24000 Schwingungen in der Secunde. — Diese Schwingungen können natürlich nicht unmittelbar gezählt, sondern nur berechnet werden.

Anmerk. Die Reihenfolge der in der Musik üblichen Töne heißt Tonleiter; die diatonische Tonleiter, wie sie von den Griechen auf uns gekommen ist, enthält zwischen dem Grundtone und seiner Octave noch sechs Töne. Mehrere Töne gleichzeitig hervorgebracht, bilden einen Accord, und dieser heißt consonirend oder dissonirend, je nachdem es die Intervalle sind, die ihn bilden, oder nicht. — Betrachten wir die Schwingungszahlen in I, so erkennen wir, daß

das Tonverhältnis von D und C = $^{27}/_{24}$ = $^{9}/_{8}$, von E und D = $^{30}/_{27}$ = $^{10}/_{9}$, von F und E = $^{32}/_{30}$ = $^{16}/_{15}$ ist, daß also das Verhältnis zweier auf einander folgenden Töne nicht immer das nämliche bleibt. Die Verhältnisse der Töne F, G und A entsprechen aber wieder genau denen von C, D und E. Deswegen ist aber auch das Tonverhältnis der Quinte von C ($^{36}/_{24}$ = $^{3}/_{2}$) nicht dem der Quinte von D ($^{40}/_{27}$) gleich. Die Quinte von D würde daher keinen so reinen Accord geben, wie die von C. Darum müßen die Intervalle in der Praxis von den in I. berechneten um Einiges abweichen. Man nennt diese Abweichung der Intervalle von den in I. berechneten ihre Temperatur. Werden die entstehenden Abweichungen ganz gleichmäßig auf alle Töne einer Octave vertheilt, so heißt die Temperatur gleichschwebend; im entgegengesetzten Falle ungleichschwebend. Da unser Gehör zum Glück nicht so scharf ist, daß es geringe Abweichungen vom reinen Intervall schon wahrnehmen könnte, so wählt man am vortheilhaftesten die gleichschwebende Temperatur, obgleich die vollkommene Reinheit der Intervalle dadurch verloren geht.

b) Schwingungen elastischer gerader und gekrümmter Stäbe oder Schienen.

Spannt man einen cylindrischen, quadratischen, oder sonst vierkantigen Stahlstab auf verschiedene Weise zwischen die Backen eines Schraubstocks, so gibt wieder, wie bei den Saiten, der halbe Stab, am freien Ende mit einem stark geharzten Violinbogen bestrichen, die Octave des Tones, der mit dem ganzen Stabe hervorgebracht werden kann, u. s. f. Auf den Schwingungen elastischer Stäbe beruhen: die Eisenvioline oder Stahlharmonika. (Auf einem Resonanzboden stehen eiserne Stifte, deren Länge sich wie die Zahlen bei II verhalten, in einem Halbkreise, und werden vermittelst eines geharzten Bogens in Schwingungen versetzt;) die Spieluhren und Spieldosen (die elastischen Schienen sind hier Stahl- oder Messingfedern); die Mundharmonika (die Federn werden hier durch eingeblasene Luft in Schwingungen versetzt); die Maultrommel (die aus dem Munde strömende Luft wird durch die Schwingungen einer Stahlfeder in ge-

eignete Wellenbewegung gebracht; durch Bewegung der Zunge und der Wangen wird der Raum der Mundhöhle bald vergrößert, bald verkleinert, wodurch Töne von verschiedener Höhe und Stärke erzeugt werden); die Stimmgabel; das Triangel.

c) Schwingungen gespannter Häute.

Trommeln, Pauken 2c. Höhe und Tiefe des Tones hängt hier ab vom Durchmeßer, von der Dicke, der Dichtigkeit und der Spannung der Haut. Bei den Pauken sind es die Schrauben, bei den Trommeln die Schnüre, welche die Spannung bewirken.

d) Schwingungen der Körper mit ebenen und gekrümmten Flächen.

Zu den gekrümmten tönenden Körpern gehören Glocken, Trinkgläser 2c. Als ebene tönende Körper wählt man elastische Scheiben aus Glas, Metall, Holz mit regelmäßig gestaltetem Umfang. Wenn auch hier Höhe und Tiefe des Tones im Allgemeinen von den nämlichen Bedingungen abhängt, wie bei den Saiten, so kann doch eine und dieselbe Scheibe verschiedene Töne geben, je nachdem sie an verschiedenen Stellen ihrer Oberfläche befestigt und an verschiedenen Punkten ihres Randes mit einem stark geharzten Violinbogen bestrichen wird. Der Grund dieser Erscheinung ergibt sich aus Folgendem:

Steckt man auf Saiten dünne Papierstreifen, welche man halb durchschnitten hat („Reiterchen"), und setzt sodann die Saite in Schwingungen, so wird ein Theil der Reiterchen durch die Schwingungen abgeworfen, einige bleiben darauf. Bestreut man tönende Flächen mit Bärlappsamen oder feinem Sand, so wird derselbe von gewissen Punkten weggeschleudert, an andern Punkten angehäuft. Die Stellen, wo die Reiterchen sitzen bleiben, oder wo der Sand angehäuft wird, können an den Schwingungen nicht theilgenommen haben, sind in Ruhe geblieben, und man nennt sie Schwingungsknoten; die Stellen, welche die Reiterchen abgeworfen haben, oder vom Sand entblößt wurden, waren in Schwingung, und diese hei-

ßen Schwingungsbögen. Es schwingen also nie alle Theile eines tönenden Körpers zugleich. — Bei einer und derselben Saite oder Scheibe entsprechen dem nämlichen Tone immer dieselben Schwingsknoten und -Bögen. Aendern sich letztere, so ändert sich auch Höhe und Tiefe des Tones. Der Sand oder Bärlappsamen auf jenen Scheiben bildet daher bei jedem andern Tone, wieder andere Gruppirungen. Der Ton wird um so höher, in je mehr Theile die Scheibe durch die entstandene Figur getheilt wird, d. h. je kleinere Schwingungsbögen entstehen. Je reiner der Ton ist, desto regelmäßiger ist auch die entstandene Figur. Man nennt diese Figuren nach ihrem Entdecker Chladnische Klangfiguren. Füllt man Glocken oder beliebige runde Gefäße zur Hälfte mit Waßer und streicht eine Stelle des Randes mit dem Bogen, während man sie an zwei einander entgegengesetzten Stellen mit der Hand faßt, so erhält die Oberfläche des Waßers an vier gleich weit von einander entfernten Stellen, eine wellenartige Bewegung; hat man Bärlappsamen auf das Waßer gestreut, so bildet er dann eine viereckige Figur, wenn die gestrichene Stelle einen Achtelskreis von der berührten absteht; hingegen eine sechstheilige, wenn die gestrichene Stelle einen Viertels-, Sechstels-, oder Zwölftelskreis von der berührten entfernt ist.

Auf der Bildung von Schwingungsbögen und -Knoten durch die bewegte Luft beruhen auch die verschiedenen Töne, welche die Saiten der Aeolsharfe und der Draht des elektrischen Telegraphen hervorbringen, wenn die Luft sie in Schwingung versetzt.

§. 57. Erzeugung der Töne durch Luftschwingungen.

Die Luft wird in tönende Schwingung versetzt: 1) wenn sie durch eine enge Oeffnung mit elastischen Rändern entweicht (das Pfeifen mit dem Munde); 2) wenn ein schneller Luftstrom aus einer engen Oeffnung gegen sie strömt (Horn, Trompete, Posaune); 3) wenn ein Luftstrom sich an einer scharfen Kante bricht (Flöten, Zungenpfeifen, das Pfeifen auf einem Schlüssel 2c.); 4) wenn ein Luftstrom zwischen einem elastischen

Plättchen und dem Rande einer Röhre durchgedrängt wird (Clarinette, Hoboe ꝛc.). Der eingeblasene Luftstrom, welcher die in einer Röhre eingeschloßene Luftsäule in Schwingungen versetzt, wirkt ungefähr so, wie der Bogen, welcher eine Saite zum Schwingen bringt. Die Lufttheile verdichten sich in der Längenrichtung der Röhre, dehnen sich vermöge ihrer Elasticität wieder aus, werden durch den Strom wieder verdichtet u. s. f. Wie bei den Saiten wird ein Ton auf den Blaseinstrumenten, Pfeifen ꝛc. um so höher, je kürzer die Röhre und je schneller der eingeblasene Luftstrom ist, während mit der Weite der Pfeifen die Tiefe des Tons zunimmt, dagegen die Materie der Röhre nur auf den Klang, nicht aber auf die Höhe oder Tiefe des Tones Einfluß hat. Hingegen muß um der Reinheit des Tones willen ein gewisses Verhältnis zwischen Länge und Dicke der schwingenden Luftsäule stattfinden. Bei Hörnern, Trompeten und andern Blasinstrumenten mit langer gewundener Luftsäule ohne Seitenöffnungen muß die verschiedene Höhe und Tiefe des Tones einzig durch die verschiedene Stärke des Anblasens, durch die Verschiedenheit im Ansatz des Mundes (engerer oder breiterer Luftstrom) und besonders bei höheren Tönen durch theilweises Verschließen der untern Oeffnung hervorgebracht werden. Durch alle diese Abänderungen werden nämlich die Schwingungsknoten und -Bögen verändert. — Eine offene Pfeife gibt unter denselben Umständen einen Ton, welcher um eine Octave höher ist, als der Ton einer gedeckten Pfeife von derselben Länge, oder auch denselben Ton wie eine halb so lange gedeckte Pfeife. In der ersteren muß also in der Mitte ihrer Länge ein Schwingungsknoten entstehen.

Anmerk. Die Werkzeuge zur Hervorbringung der menschlichen Stimme (Sprachorgane) sind: a) die in der Brusthöhle befindlichen Lungen; b) die Luftröhre, aus Ringen zusammengesetzt und in zwei Aeste in die Lungen tretend. Der obere Theil der Luftröhre, der Kehlkopf ist das eigentliche Stimmorgan. Seine Oeffnung ist durch die Kehlbänder, zwei halbkreisförmige Häute, geschloßen. Zwischen diesen bleibt nur eine enge Spalte, die Stimmritze, welche willkürlich verengt und erweitert werden kann. Die Luft ist auch

hier der schallende Körper. Wird sie aus der Brust durch die Stimmritze getrieben, so gerathen die angespannten Kehlbänder in schwingende Bewegung, diese theilt sich der Luft mit und dadurch werden die Töne und Laute der Stimme erzeugt, welche durch die Bewegungen der Theile des Mundes noch überdies auf das verschiedenartigste abgeändert, insbesondere aber durch die Bewegungen der Zunge und der Lippen articulirt werden. Je gespannter die Kehlbänder sind und je enger die Stimmritze ist, desto höher ist der Ton. — Die Stimmen der Thiere bilden sich auf ähnliche Weise.

§. 58. Resonanz.

Wenn man an einer gemauerten Wand eine Saite über einen Steg aufspannt und in Schwingung versetzt, so wird fast kein Ton gehört; wenn aber von dem Steg ein hölzerner Stab zu einem Resonanzboden führt, so geht der Ton von diesem aus. Eben so gibt die schwingende Stimmgabel, auf den Tisch oder auf einen Resonanzboden gestellt, einen viel stärkeren Ton, als wenn man sie frei in der Hand hält. Wir erkennen daraus und von den Glocken her, daß Luft oder andere tönende Körper, welche wenig Masse haben, in der Regel an und für sich sehr schwache Töne hervorbringen, deren Stärke erst durch das Mitschwingen eines geeigneten festen Körpers, mit dem sie in Verbindung stehen, erreicht wird. Diese Mittheilung des Schalles von tönenden Körpern an andere nennt man Resonanz. Auf derselben beruht die Wichtigkeit des Resonanzbodens bei Clavieren, Violinen ꝛc. Je trockener und gleichgefaserter das Holz ist, aus dem er besteht, desto regelmäßiger sind seine Mitschwingungen und desto mehr ist auf Stärke und Wohllaut des Tones zu rechnen.

Wenn zwei neben einander befestigte Saiten gleich hoch gestimmt sind und man schlägt die eine an, so schwingt die andere so stark mit, daß aufgesetzte Reiterchen von ihr abfallen. Dies ist nicht mehr der Fall, wenn beide Saiten außer Einklang stehen, wohl aber wieder wenn ihr Tonverhältnis eine Octave beträgt. Spricht man in ein Trinkglas in dem Tone, den es anzugeben vermag, so klingt es und kann, wenn es

sehr dünne Wände hat, zerschrieen werden. — Im geschloßenen Raume ist jeder Schall viel stärker, als im Freien, weil die einschließenden Wände eine Reflexion des Schalles bewirken. (§. 61.)

§. 59. Fortpflanzung des Schalles.

Die Fortpflanzung des Schalles geschieht durch ähnliche Schwingungen, wie die sind, welche ihn hervorbringen; also auch durch die nämlichen leitenden Mittel: — feste, tropfbare und luftförmige Körper pflanzen den Schall fort. — Am häufigsten geschieht die Fortleitung desselben durch die Luft. Ein frei unter den Recipienten der Luftpumpe gehängtes Schlagwerk klingt bei fortgesetzter Verdünnung der Luft immer schwächer und wird zuletzt kaum mehr gehört. Auf sehr hohen Bergen hört man jeden Laut viel schwächer, als da, wo die Luft dichter ist; hingegen in der Taucherglocke, in welcher durch den Druck des Waßers die Luft sehr verdichtet wird, soll jeder stärkere Schall fast unerträglich sein. — Tropfbare Flüßigkeiten und namentlich Waßer, leiten den Schall auf ähnliche Art, wie die Luft, aber etwa 4 ½ mal schneller. Schlägt man eine Glocke unter dem Waßer an, so hören die unter dem Waßer befindlichen Personen einen kurzen, nicht klingenden Ton. Den Ton einer im Genfer See bei Nacht und unter Waßer angeschlagenen 10 Centner schweren Glocke hörten Colladon und Sturm mittelst einer Vorrichtung durch eine Entfernung von mehr als 4 französ. Meilen. — Feste Körper leiten den Schall noch schneller und mit größerer Stärke, als andere. Wenn man einen silbernen Löffel, oder eine Feuerzange ꝛc. an eine Schnur bindet, beide Enden derselben, bei verbundenen Ohren, entweder zwischen die Zähne nimmt, oder in beide Ohren hält, und nun Löffel oder Feuerzange gegen einen festen Körper schlagen läßt: so glaubt man den Schall einer großen Glocke zu vernehmen. Das Picken einer Taschenuhr, welche man an das eine Ende eines langen Balkens hält, kann von einer Person gehört werden, welche ihr Ohr dem entgegengesetzten Ende des Balkens nahe bringt. Im Kriege wird bei Nacht die Annäherung eines noch ziemlich entfernten Feindes bemerkt, wenn

man sich mit dem Ohre auf den Erdboden legt; überhaupt vernimmt man entfernte Erschütterungen beßer durch den festen Boden, als durch Waßer oder durch die Luft. — Wir erkennen aus diesen Thatsachen:

1) Alle Körper können den Schall fortpflanzen. 2) Die Fortpflanzung des Schalles geschieht mit um so größerer Schnelligkeit und Stärke, je dichter das fortleitende Mittel ist.

Anmerk. a) Die Ursache, warum man bei Nacht den Schall weiter und stärker hört, als bei Tage, mag in manchen Fällen von dem Aufhören des Lärmens und daher rühren, daß, wenn der Sinn des Gesichtes ruht, der des Gehöres um so schärfer ist. Doch kommt die Schwächung, welche der Schall bei Tage erleidet, in den meisten Fällen von der ungleichförmigen Erwärmung der Luft; es steigen nämlich bei Tage von der Erde warme Luftströme auf und kalte fließen zu; der Schall aber wird mannigfach geschwächt, wenn er bald durch dünnere, bald durch dichtere Luftschichten von verschiedener Strömung gehen muß.

b) In den Polargegenden versteht man eine starke Menschenstimme auf 7000′, bei uns nur auf 800′, weil die kältere Luft jener Gegenden dichter ist, als bei uns; einen Kanonenschuß hört man bei uns im günstigsten Falle auf 21 — 22 Meilen, einen Flintenschuß auf 8000 Schritte, eine Escadron Cavallerie oder schweres Geschütz im Trab auf 2400′.

Wenn ein Körper seine tönenden Schwingungen der Luft mittheilt, so wird diese in ähnliche Schwingungen versetzt, wie der tönende Körper selbst. Dadurch werden die Lufttheilchen, welche den schallenden Körper umgeben, abwechselnd zusammengedrückt und ausgedehnt. Man betrachtet daher die zur Fortpflanzung des Schalles dienende Bewegung als eine wellenförmige und spricht von Schallwellen. Diese verbreiten sich nach allen Richtungen rings um den schallenden Körper, so daß der Schall von demselben etwa wie von einem Mittelpunkte der Erschütterung aus fortgeht. Das Gesetz, welches in §. 32. I. für die Abnahme der Schwere entwickelt wurde, muß auch für Wellenbewegungen gelten, so daß also die Stärke des Schalles bei 2, 3, 4facher Entfernung vom schallenden Körper nur den 4, 9, 16ten Theil beträgt; d. h.

daß die Stärke des Schalles nach dem Quadrate der Entfernung abnimmt. Die Gültigkeit dieses Gesetzes durch directe Versuche nachzuweisen, ist mit großen Schwierigkeiten verknüpft.

§. 60. Geschwindigkeit des Schalles.

Schon aus dem vorigen §. war zu entnehmen, 1) daß der Schall in festen Körpern schneller, als in tropfbaren, und in diesen schneller, als in der Luft fortgepflanzt wird. Biot beobachtete an einer waßerleeren, $^1/_4$ franz. Meile langen gußeisernen Röhrenleitung, daß das Gußeisen $10\,^1/_2$ mal schneller den Schall fortpflanzt, als Luft; denn der durch das Gußeisen fortgeleitete Schall wurde immer um so viel früher vernommen, als der nämliche, durch die Luft in der Röhre fortgeleitete Schall. Die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit des Schalles wächst bei verschiedenen Körpern nach quadratischem Verhältniß, wenn ihre Zusammendrückung oder Ausdehnung gleicher Längen durch ein ihrer Masse gleiches Gewicht, einfach abnimmt; sie hängt daher von der Elasticität und von der Dichtigkeit auf zusammengesetzte Weise ab. 2) In einem und demselben homogenen Mittel ist die Geschwindigkeit des Schalles, so weit die Versuche reichen, nahe gleichförmig gefunden worden, d. h. der Schall durcheilt in gleichen Zeiten gleiche Wege. 3) Hohe und tiefe, starke und schwache Töne pflanzen sich mit gleicher Schnelligkeit fort. (An obiger Röhre konnte man ganze Musikstücke unverändert am andern Ende hören.) 4) Die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft ist durch den Thermometerstand bedingt: bei 0° der Luft beträgt diese Geschwindigkeit 1024′ paris.; bei +10° aber 1040′ — weil bei gleicher Dichtigkeit die Luft durch Wärme elastischer und eben dadurch zur schnelleren Fortpflanzung des Schalles fähiger wird. Als Durchschnitts-Zahl für die Geschwindigkeit des Schalles in 1 Secunde können wir 1050 bayr. Fuß annehmen. — 5) Sie hängt vom Winde ab; denn es leuchtet ein, daß der Schall in der Richtung des Windes sich schneller fortpflanzt, als in der entgegengesetzten.

Anmerk. 4 Pulsschläge machen ungefähr 3 Secunden. Multiplicirt man

die Anzahl der Secunden, welche zwischen Blitz und Donner verstreichen, mit 1050, so weiß man die Entfernung eines Gewitters in Fußen, deren ungefähr 24000 auf eine deutsche Meile gehen. — Eben so bei Kanonen, bei Schiffen ꝛc., welche Signale geben.

§. 61. Zurückwerfung des Schalles.

Wenn die Schallwellen in ihrem Fortgange auf irgend ein Hindernis stoßen (Wand, Begrenzung eines Waldes ꝛc.), so gehen sie von dieser Wand aus zurück oder werden zurückgeworfen (reflectirt.) Eine noch deutlich wahrnehmbare Reflexion des Schalles nennen wir Echo. — Der Schall macht in einer Secunde 1050′; damit ein Schall in einer Secunde von der reflectirenden Wand wieder zurückkomme, muß also diese 525′ von dem Orte entfernt sein, wo der Schall erzeugt wird. Ein geübtes Ohr kann aber in einer Secunde höchstens 9 Töne oder Sylben unterscheiden, in $^1/_9$ Secunde also etwa eine Sylbe; ein einsylbiges Echo entsteht also schon durch eine Wand, welche den 9ten Theil von 525′ d. h. in runder Zahl 60′ entfernt ist. Wände, welche ein 2-, 3-, 4sylbiges Echo geben sollen, müßen 2, 3, 4mal 60′ entfernt sein („mehrsylbiges Echo"). — Wenn ein Schall zwischen gegenüberstehenden Wänden erzeugt wird, welche die gehörige Entfernung haben, so kann er zuweilen sehr oft reflectirt werden. Dadurch entsteht dann ein vielfaches Echo. Beispiele dieser Art sind: a) das 17fache Echo des Lurleyfelsen am Rhein. b) Bei Adersbach in Böhmen (Riesengebirg) stehen in einem Walde einige tausend Felsstücke wirr neben einander. Eine Menschenstimme wird 3mal, ein Pistolenschuß 7mal wiederholt. Einige Secunden nach dieser Wiederholung kommt von der rechten Seite ein Knall, ähnlich einem Donnerschlage, hallt in dumpfen Stößen schwach nach und verliert sich endlich ganz. Noch sind aber nicht 20 Secunden vergangen, so hört der Beobachter von der linken Seite her einen dem vorigen ähnlichen Knall und nimmt zugleich deutlich wahr, wie dieser nach oben hin steigt. c) Etwas Aehnliches bietet der Königssee. d) Auf der Villa Simonetta bei Mailand wird durch zwei parallele Seitenflü-

gel des Gebäudes die letzte Sylbe eines stark ausgesprochenen Wortes 40mal, ein Pistolenschuß 60mal reflectirt. e) In der Mitte des Königsplatzes in Kassel hört man eine Sylbe 9mal.

Der Nachhall bildet sich in derselben Weise wie das Echo; nur sind bei ihm die reflectirenden Wände dem tönenden Körper näher, als 58′, so daß sich der Nachhall vom Urschalle nicht deutlich unterscheiden läßt. Das Unangenehme und Störende des Nachhalles in Gebäuden wird nur unvollkommen beseitigt, wenn man die Wände mit rauhen oder unelastischen Körpern bedeckt. In gewöhnlichen Zimmern entsteht weder Echo, noch Nachhall, weil hier die Wände dem tönenden Körper so nahe sind, daß der reflectirte und der ursprüngliche Schall fast wieder zusammentreffen, letzterer also durch ersteren verstärkt wird. Daraus erklärt es sich zugleich, warum in kleineren geschloßenen Räumen lautes Sprechen und Singen 2c. weniger anstrengt und mehr ausgibt, als im Freien oder in großen Räumen (Kirchen, Sälen).

Auf dieser Verstärkung des Urschalles durch den reflectirten beruhen auch:

1) Das Communicationsrohr, eine cylindrische, enge Röhre. Da die Schallwellen hier verhindert werden, sich auszubreiten, so gehen sie mit fast unveränderter Stärke darin fort. Biot hörte (§. 60.) ein leises Gespräch durch die Röhre einer Waßerleitung auf eine Länge von 3000′. Auf Schiffen benützt man das am Hauptmaste hinlaufende Communicationsrohr, um in der Cajüte des Capitäns von der Schildwache im Mastkorbe Erkundigungen einzuziehen; ebenso in großen Etablissements (Fabriken, Druckereien 2c.), um das Hin- und Herlaufen aus einem Zimmer ins andere zu ersparen. Eine besondere Anwendung des Communicationsrohres ist das „unsichtbare Mädchen". Aehnlich wie beim Communicationsrohr wird der Schall verstärkt in Schachten, Brunnen, Kaminen 2c.

2) Das Sprachrohr ist ein hohler Kegel von Blech, Holz oder Pappdeckel, an der engen Stelle mit einem Mundstück versehen. Die Wirkung desselben nimmt mit dessen Länge

zu; eine starke Männerstimme kann durch ein Sprachrohr von 18—24′ etwa 24000′ weit gehört werden.

3) Das Hörrohr ist eigentlich nichts anderes als ein gekrümmtes, kleines Sprachrohr. Durch die trichterförmige Oeffnung desselben, mit deren Umfang die Wirkung zunimmt, wird eine größere Menge Schallwellen aufgefangen, und diese werden durch die engere Oeffnung, welche man ins Ohr hält, dem Ohre zugeleitet. Bei dem Versuche Biots am Genfersee (§. 59) bediente er sich auch eines Hörrohrs, um den Schall deutlich genug vernehmen zu können. Unsere Ohrmuschel ist ein natürliches Hörrohr.

Das Picken einer Taschenuhr, welche im Brennpunkte eines Hohlspiegels hängt, wird im Brennpunkte eines gegenüberstehenden Hohlspiegels gehört, aber nicht, oder doch weniger deutlich, in der Mitte zwischen beiden. So vereinigen überhaupt concave Wände alle Schallwellen, von denen sie getroffen werden und werfen sie verstärkt zurück. Dies geschieht z. B. in den Steinbrüchen bei Syrakus, an einer Stelle, das Ohr des Dionysius genannt. Zimmer oder Säle, welche absichtlich so gebaut sind, daß man den im einen Brennpunkte erzeugten Schall, im andern Brennpunkte am deutlichsten vernimmt, heißen Sprachgewölbe. Ein solches ist in der Sternwarte zu Paris. Der innere Umfang der Kuppel der Peterskirche in Rom und der Paulskirche in London bietet eine ähnliche Erscheinung.

§. 62. Werkzeuge des Gehörs.

Das Sinneswerkzeug zur Aufnahme des Schalles ist das Ohr (Fig. 30). Das **äußere Ohr** (A) besteht aus der Ohrmuschel und dem mit feinen Haaren und einer sehr wohlthätigen Feuchtigkeit, dem Ohrenschmalze, versehenen Gehörgang (B). Das äußere Ohr ist von dem mittleren Ohre durch das Trommelfell (C) geschieden, eine nach innen gewölbte, elastische Membrane. Das **mittlere Ohr** ist eine aus Knochen gebildete Höhle, Trommelhöhle, von welcher aus die Eustachische Röhre, ein beinahe 2 Zoll langer Kanal, in die innere Mundhöhle führt. In der Trommelhöhle sind die

mit einander zusammenhängenden Gehörknöchelchen, die kleinsten Knochen im menschlichen Körper: der Hammer (d), der Ambos (e) und der Steigbügel (f). Das eine Ende des Hammers ist mit dem Trommelfell verbunden, das entgegengesetzte des Steigbügels legt sich in das ovale Fenster, eine Oeffnung im Grunde der Trommelhöhle, in dessen Nähe noch eine kleinere Oeffnung, das runde Fenster ist, hinter welchem das **innere Ohr**, der vorzüglichste Theil des Gehöres, ist. Dieser enthält das Labyrinth, ein knöchernes Gehäuse von außerordentlich feinem Bau. In der Mitte desselben ist der Vorhof (H), welcher durch das ovale Fenster mit der Trommelhöhle in Verbindung steht, und an den Vorhof schließen sich auf der einen Seite die drei halbkreisförmigen Röhren (J), auf der andern Seite die Schnecke (M) an. Das Innere der ganzen Höhle des Labyrinths ist mit einer sehr zarten Haut ausgekleidet und mit einer klaren dem Waßer ähnlichen Flüßigkeit angefüllt. Der aus dem Gehirn in das Labyrinth eintretende Gehörnerv breitet sich hier in mehrere Theile aus, welche sämmtlich in unmittelbarer Berührung mit dem Gehörwäßerchen stehen. — Der Gehörgang verdichtet die von der Ohrmuschel aufgefangenen Schallwellen, leitet sie zum Trommelfell, und von da werden die Schwingungen durch die beweglichen Knöchelchen zum ovalen Fenster fortgepflanzt. Dadurch werden die Theile des Labyrinths sammt der in ihnen enthaltenen Flüßigkeit in eine gelinde Erschütterung versetzt, welche sich dem Gehörnerven mittheilt, und dieser vermittelt durch seine Verbindung mit dem Gehirn, auf eine freilich unerklärliche Weise, die Aufnahme des Sinneneindrucks in unser Bewußtsein.

Siebenter Abschnitt.

Die Wärme.

§. 63. Erzeugung der Wärme.

Daß die Ursache der Wärme-Empfindung ein eigenthümlicher feiner Stoff sei, hat man vermuthet, allein seine Schwere konnte bisher nicht ermittelt und nur indirect erwiesen werden. Daß dieser feine Stoff in Schwingungen versetzt werden kann, ist gewis. Den verschiedenen Grad der Wärme bezeichnet man mit dem Worte Temperatur. Die Wärme wird erzeugt:

1) durch das Licht der Sonne. Ihre Strahlen wärmen aber nicht unmittelbar, wie daraus zu erkennen ist, daß es in den Thälern wärmer ist, als auf hohen Bergen; sondern sie werden an der Erdoberfläche so zersetzt, daß sie Wärme hervorrufen. Brenngläser werden fast gar nicht warm.

2) Durch die Erde selbst: die Temperatur der Erde nimmt mit der Tiefe zu und zwar — so weit es bis jetzt erforscht ist — auf je 90 pariser Fuß um 1°, während die Wirkung der Sonnenwärme nicht tiefer, als etwa 30′ in die Erdrinde eindringt.

3) Durch die Verbrennungs- und andere chemische Prozesse. Kaltes Waßer und frisch gebrannter Kalk; Waßer und Schwefelsäure erwärmt sich bis zur Siedhitze; eine Mischung von Schwefelsäure und Salpetersäure in Terpentinöl gegoßen entflammt; Metalle in Säuren aufgelöst; Heu gährt und erwärmt sich, wenn es naß in die Scheunen gebracht und fest auf einander geschichtet wird; Hopfen, feuchtes Getreide in Magazinen; Dünger, Hanf, Flachs, ungebleichte Leinwand, Wolle, Baumwolle eingefettet und fest verpackt; feuchte Säge- und Eisenfeilspäne — gerathen in große Hitze und entzünden sich zum Theil von selbst (s. §. 16. Anm.). Durch den Athmungs-

proceß bei Menschen und Thieren, welcher eine gemäßigte Oxidation ist. Die Wärme beim Menschen beträgt nahe 30° R.

4) Auf mechanischem Wege: a) durch Reibung. Wir erwärmen unsere kalten Hände durch Reiben. Seile, Sägen, Bohrer, schlecht geschmierte Wagenachsen, Maschinen-Zapfen, wenn sie bei großem Druck und großer Geschwindigkeit fortgesetzt in Gebrauch sind; Theile der Mühle, namentlich die Mühleisen, wenn die Mühlsteine leer, also sehr schnell gehen — können sich bis zur Entzündung erwärmen. Die Wilden verschaffen sich Feuer, indem sie zwei Hölzer schnell an einander reiben; ja sogar zwei Eisstücke an einander gerieben erzeugen so viel Wärme, daß sie etwas erweichen und dann zusammenfrieren. Die Holz- und Bein-Drechsler versehen manche ihrer Fabrikate mit verkohlten schwarzen Ringen, indem sie ein Stück Werkzeug auf das rotirende Stück andrücken. Graf Rumfort brachte durchs Anbohren eines Geschützes unter Waßer dieses so lange zum Kochen, als der verlorene Kopf (Anguß) mit der Drehbank in Verbindung stand; nachdem dieser Kopf abgeschnitten und durch einen Holzpfropfen ersetzt war, hörte diese Wirkung auf; man erkennt daraus, woher die Wärme kam. — b) Durch Stoß: Kaltes Eisen wird durch Hämmern heiß, wenn Hammer und Ambos verstählt sind; dagegen mislingt der Versuch, wenn sie weich sind. Beim Feuerschlagen werden die losgerißenen Stahltheilchen so erwärmt, daß sie verbrennen und so den Zunder anstecken. — c) Durch Druck: im pneumatischen Feuerzeuge, einer kleinen unten geschloßenen Röhre, in welcher wie bei der Compressionspumpe (§. 50.) ein Kolben luftdicht sich bewegt, wird der an der untern Fläche des Kolbens angehängte Zunder, durch schnelles Zusammendrücken der Luft auf $1/_5$ ihres Volumens, entzündet und brennt fort, wenn man eben so schnell den Kolben ganz herauszieht.

§. 64. Ausdehnung durch Wärme.

Schon aus §. 4 ist es bekannt, daß die Wärme alle Körper ausdehnt. Die scheinbare Ausnahme, welche Obst, Holz ꝛc.

machen, indem sie, der Wärme ausgesetzt, an Umfang abnehmen, erklärt sich zunächst daraus, daß die wäßerigen Theile, welche sie enthalten, durch die Wärme verdunstet und dadurch die Körpertheilchen näher an einander gerückt werden. Auch daß das Waßer im Augenblicke des Gefrierens einen größeren Raum einnimmt, als vorher, ist keine Ausnahme von obigem Gesetze, denn diese Erscheinung hat darin ihren Grund, daß die gefrierenden Waßertheilchen sich krystallinisch ordnen, wozu sie einen größeren Raum brauchen; weshalb ja auch Eis leichter ist, als Waßer.

Wenn man die Analogie der festen, flüßigen und luftförmigen Körper ins Auge faßt, so wird man schon auch der subtilen diesfallsigen Versuche wegen gezwungen, dafürzuhalten, daß die Gleichmäßigkeit der Ausdehnung nicht für alle Temperatur-Intervalle in der Natur scharf ausgesprochen ist. Dulong's und Petit's Untersuchungen zufolge, dehnen sich die luftförmigen Flüßigkeiten bei allen Temperaturen gleichmäßig aus; die festen Körper dehnen sich höchstens zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt, die tropfbaren auch innerhalb dieses Raumes nicht gleichförmig aus. Von letzteren macht nur das Quecksilber eine Ausnahme; es dehnt sich innerhalb der gewöhnlichen Temperaturgrade nahezu gleichmäßig aus.

Wenn folgende Körper eine Temperaturerhöhung von 0° bis 80° R. erfahren, so dehnen sie sich der Länge nach um die beigesetzten Theile ihrer anfänglichen Länge aus: Platin am wenigsten von allen Körpern, nämlich $^1/_{1190}$; Glasröhren $^1/_{1089}$; ungehärteter Stahl $^1/_{926}$; Gußeisen $^1/_{901}$; Schmiedeisen $^1/_{896}$; Eisendraht $^1/_{877}$; gehärteter Stahl $^1/_{727}$; Gold $^1/_{671}$; gehämmertes Kupfer $^1/_{561}$; Bronze $^1/_{550}$; gegoßenes Messing $^1/_{535}$; Silber $^1/_{503}$; feines Zinn $^1/_{438}$; Blei $^1/_{348}$; gegoßenes Zink $^1/_{328}$; Quecksilber $^1/_{55}$; Waßer $^1/_{21}$; Leinöl $^1/_{14}$; Weingeist $^1/_{12}$; atmosphärische Luft $^2/_5$.

Molard hat die Ausdehnung des Eisens und dessen Wiederzusammenziehung dazu angewendet, stark ausgewichene Mauern eines Magazins wieder in ihre richtige Lage zu bringen. Hinlänglich starke eiserne Stangen (Anker) wurden durch die

Mauer gezogen, sodann gut erhitzt und dann außen verschraubt; indem sie sich nun beim Erkalten wieder zu verkürzen strebten, brachten sie die erwähnte Wirkung hervor. — Metallstangen, welche sich mit ihren Enden gegen eine unverrückbare Widerlage stützen, müßen sich während der Ausdehnung durch die Wärme biegen; erkalten sie hingegen, und es können sich die Enden nicht nähern, so können sie zerreißen, wenn die Stäbe solcher Ausdehnung nicht fähig sind. Bei Röhrenleitungen, welche häufigem und bedeutendem Temperaturwechsel ausgesetzt sind, muß man an einigen Stellen Compensationsröhren anwenden, d. i. Röhren, welche an einem Ende gut gedreht sind und sich in dem Ende der folgenden luftdicht verschieben können. Wo die Temperaturdifferenz gering ist, z. B. bei den Waßerleitungen, die unmittelbar im Boden und nicht zu nah an der Erdoberfläche liegen, sind sie deshalb unnöthig, weil die Röhren durch das Waßer, das sie durchströmt, eine ziemlich gleichmäßige Temperatur behalten, und weil die Reibung der vorstehenden Röhrenenden in der festgestampften Erde solche Hindernisse in den Weg legen, daß eine solche Compensation gar keinen Erfolg brächte. Pendelstangen von Metall (in neuerer Zeit durch hölzerne Stangen ersetzt) verlängern sich bei warmem, verkürzen sich bei kaltem Wetter; die Uhren, bei denen sie angewendet werden, giengen also ungleich, wenn nicht die Einwirkung der Temperatur ausgeglichen würde. Dieses geschah zuerst durch den berühmten englischen Uhrmacher Graham mittelst der Compensationspendel, welche Quecksilber in der Linse enthielten; wurde die Pendelstange durch die Wärme verlängert, also der Schwerpunkt der Linse tiefer gebracht, so hob das sich aufwärts ausdehnende Quecksilber bei richtiger Bestimmung der Massen den Schwerpunkt wieder um ebenso viel, so daß er seine unverrückte Entfernung von der Schwingungsaxe behielt. Später hat man vielerlei unbequeme und unpractische, namentlich rostartige Compensationspendel construirt. Heutigen Tags bewirkt man die Compensation durch gebogene kleine Doppelschienen von verschiedenem Metall; indessen ist eine ganz vollkommene Compensation überhaupt gar nicht mög-

lich, da die Pendelschwingungen nicht bloß vom Schwerpunkt, sondern auch vom Schwingungsmittelpunkt abhängen. — Das Quecksilber und das Glas des Barometers dehnen sich auch aus, weshalb auch hier bei genauen Bestimmungen Correctionen nöthig sind. Dehnen sich die Theile eines Körpers nicht gleichmäßig aus, so reißen sie oftmals aus einander, wie z. B. Gläser, wenn sie mit heißem Waßer gefüllt oder auf den geheizten Ofen gestellt werden. Das Biegen der Faßdauben 2c. geschieht, indem man sie auf der einen Seite der Wärme aussetzt, während man die andere Seite benetzt. — Abgekühlt ziehen sich die Körper wieder zusammen; deswegen halten eiserne Reife so fest am Rade, wenn sie nicht so glühend um dasselbe gelegt wurden, daß die Radfelgen verkohlen. Gegoßene Löffel füllen ihre Form nicht mehr aus, wenn sie abgekühlt sind. — Waßer kann sich durch Wärme so sehr ausdehnen, daß manche Gegenstände, die auf kaltem schwimmen, in heißem untersinken.

§. 65. Das Thermometer.

Da das Quecksilber unter allen tropfbaren Flüßigkeiten innerhalb der gewöhnlichen Temperaturgrade sich am gleichmäßigsten ausdehnt, so eignet es sich sehr gut, die Wärme-Intervalle zu meßen. Man nimmt zu diesem Zwecke eine sehr enge, völlig gleichweite Glasröhre, an deren einem Ende eine Glaskugel angeblasen ist, füllt sie mit Quecksilber, bringt dieses über einer Weingeistlampe zum Kochen, so daß es am offenen Ende überläuft und schmilzt letzteres schnell zu. Nach dem Erkalten sinkt das Quecksilber in der Röhre, und der nicht vom Quecksilber erfüllte Raum der Glasröhre enthält fast keine Luft mehr, welche übrigens auch nicht schaden würde, wenn die Röhre offen bliebe. Taucht man nun die Glaskugel in schmelzendes Eis, so wird das Quecksilber bis zu einem gewissen Punkte herabsinken. Diesen bezeichnet man mit 0 und nennt ihn Gefrierpunkt oder Eispunkt des Waßers. Bringt man hierauf die Kugel in ein offenes Gefäß mit siedendem Waßer, so dehnt sich das Quecksilber aus und bleibt in einer gewissen

Höhe unveränderlich stehen. Diesen Punkt bezeichnet man mit 80 und nennt ihn Siedepunkt des Waßers. Den Raum zwischen diesen beiden Punkten theilt man auf einer, gewöhnlich neben der Röhre angebrachten, Skala in 80 gleiche Theile, Grade genannt; ebenso bringt man für den Raum unter 0 etwa 32 solcher Theile an. Auf diese Weise hat man das, in Deutschland gebräuchlichste, Reaumür'sche Thermometer. Bei dem in Schweden und Frankreich, auch bei wißenschaftlichen Untersuchungen gebräuchlichen Celsius'schen oder Centesimal-Thermometer ist der Raum zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt in 100 Grade getheilt, der Raum unter dem Gefrierpunkte in 40. Bei beiden Skalen werden die Grade über dem Gefrierpunkte mit + (plus), die unter dem Gefrierpunkte mit — (minus) bezeichnet, und sie sind leicht gegenseitig zu vergleichen, da immer 4 Grade Reaumür = 5 Grade Celsius („4° R. = 5° C."). — In England wird vorzugsweise das Fahrenheit'sche Thermometer gebraucht. Fahrenheit (in Danzig) glaubte den tiefsten Kältegrad während des kalten Winters von 1709 gefunden zu haben und setzte an die Stelle, wo das Quecksilber diesmal stand, den Nullpunkt; bis zum 0-Punkte des Reaumur'schen und Celsius'schen Thermometers hat er 32 Grade, von da bis zum Siedepunkt noch 180 Grade; im Ganzen also 212 Grade. — Je 4° R. = 5° C. = 9° F., wobei noch zu berücksichtigen ist, daß 0° C. und 0° R. und 32° F. denselben Eispunkt des Waßers bezeichnen. Der Erfinder des Thermometers ist Cornelius Drebbel, ein holländischer Landmann, 1630.

Wo es sich blos darum handelt, größere oder geringere Unterschiede der Temperatur zu ermitteln, bedient man sich des Differential-Thermometers (Fig. 31.), einer an beiden Enden rechtwinklig gebogenen Glasröhre, an deren Enden Kugeln angeblasen sind. In dem längeren horizontalen Theile der Röhre ist eine gefärbte Flüßigkeit a (Alkohol, mit Safran- oder Jodtinctur gefärbt) und längs desselben ist eine Skala, deren 0-Punkt in der Mitte ist, von dem aus nach beiden Seiten gleich viele Grade aufgetragen sind. Erwärmt man die eine Kugel, so dehnt sich die Luft in derselben aus

und drückt die Flüßigkeit nach der entgegengesetzten Seite, und zwar um so weiter, je größer die Wirkung der Wärme ist.

§. 66. Wärmestrahlung.

Durch die Ofenwärme thauen im Winter die gefrornen Fenster auf; stellt man aber einen Schirm zwischen Fenster und Ofen, so geschieht dies weit langsamer. Ein erwärmter Körper wirkt auf ein Differentialthermometer in ziemlicher Entfernung; bringt man aber zwischen Beide einen Schirm, so hört die Wirkung auf. Diese Thatsachen beweisen, daß die Wärme sich auch strahlend fortpflanzt. Die Wärmestrahlen laßen sich durch convexe Gläser (Brenngläser) vereinigen; ebenso durch Hohlspiegel. Den Punkt, in welchem diese Vereinigung der Wärmestrahlen geschieht, nennt man Brennpunkt. Stellt man zwei sehr genau gearbeitete metallene Hohlspiegel von einiger Größe einander entgegen, so kann vermittelst einer glühenden Kohle, die man in den Brennpunkt des einen Hohlspiegels bringt, ein vielfach zusammengelegter Bogen Papier, der sich in dem Brennpunkte des andern Hohlspiegels befindet, durchgebrannt werden, selbst wenn der letztere 60′ vom ersteren entfernt ist. Bringt man Feuerschwamm anstatt des Papieres in den Brennpunkt des andern Hohlspiegels, so entzündet sich derselbe fast augenblicklich. Stellt man aber eine dünne Glasplatte zwischen die beiden Hohlspiegel, so hört die Wirkung plötzlich auf, während — wenn der erwärmende Körper zugleich leuchtet — die Lichtstrahlen ungehindert durch das Glas gehen und sich wie vorhin im andern Brennpunkte sammeln. — Ein Thermometer im Brennpunkte des andern Hohlspiegels wird unter den nämlichen Voraussetzungen steigen; bringt man aber statt des erwärmten Körpers ein Stück Eis in den Brennpunkt des ersten Hohlspiegels, so sinkt das Quecksilber im Thermometer. Hier gibt nämlich das Thermometer an die umgebende Luft und diese an das Eis Wärme ab. Einigermaßen ähnlich den Hohlspiegeln wirken die parabolischen Nischen hinter vielen Stubenöfen. — Auch durch mehrere zweckmäßig gestellte ebene Spiegel laßen sich die Wärmestrahlen zu erstaun-

lichen Wirkungen vereinigen, und auf diese Weise soll Archimedes die im Jahre 212 v. Chr. Syrakus belagernde römische Flotte angezündet haben.

Die Farben bewirken scheinbar einen Unterschied in der Wärmestrahlung, wobei man sich aber nicht irre leiten laßen muß. Schwarze, d. h. eiserne und rauhe, Oefen heizen schneller, als weiße glatte Porcellan-Oefen. Die rauhen Flächen strahlen viel mehr Wärme aus, als die glatten. Welchen Einfluß aber verschiedene Materien auf die Wärmestrahlung üben, sieht man, wenn je eine der 6 Seiten eines hohlen Würfels von Blech, der Reihe nach mit Kienruß, Bleiweiß, Hausenblase, Tusch, Gummilack und polirter Metallfläche überzogen werden. — Füllt man den Würfel mit heißem Waßer und bringt ihm in einiger Entfernung ein Differentialthermometer gegenüber, so läßt sich das Verhältnis der Wärmestrahlung der verschiedenen Flächen folgendermaßen bestimmen: Kienruß 100, Bleiweiß 100, Hausenblase 91, Tusch 85, Gummilack 72, Metallfläche 12. — Die Oberflächen, welche leicht Wärmestrahlen aussenden, haben umgekehrt auch größere Fähigkeit, dieselben einzusaugen, und wenn auch Licht auf Körper fällt, so wirken dunkle Farben stark Wärme erregend. Wird die Kugel eines Thermometers mit Kienruß geschwärzt, dessen Wärmestrahlungsvermögen sehr groß ist, so steigt das Quecksilber im Thermometer, wenn letzteres den Sonnenstrahlen ausgesetzt wurde, höher, als ein anderes, dessen Kugel blank ist. Franklin legte auf eine von der Sonne beschienene Schneefläche Tuchläppchen von verschiedenen Farben: unter dem schwarzen Läppchen war nach einiger Zeit am meisten, unter dem weißen am wenigsten Schnee geschmolzen. — Aus dem Vorstehenden erklärt sich: warum man die Wände der Obst- und Rebenspaliere dunkel anstreicht; warum auf den dunkleren Stellen am Fuße der Bäume ꝛc. der Schnee früher schmilzt, als anderswo; warum schwarze Kleider besonders im Sommer mehr wärmen als im Winter, warum erwärmte Flüßigkeiten in blanken Gefäßen langsamer erkalten, als in berußten; warum man die Röhren, die durch Waßer, Waßerdampf oder erwärmte Luft

heizen, an den Stellen, wo sie Wärme mittheilen sollen, mit Graphit überzieht, also rauh macht; wo wenig Wärme abgegeben werden soll, gut polirt, — weil einerseits durch die Politur die strahlende Oberfläche vermindert, andererntheils aber die Theilchen an der Oberfläche einander näher gebracht werden und so der Wärme den Durchgang erschweren.

§. 67. Wärmeleitung.

Ein Metallstäbchen, an dem einen Ende erhitzt, wird auch am andern bald warm; ein hölzernes Stäbchen hingegen kann an dem einen Ende hell brennen, ohne daß die Hand, welche es am andern Ende hält, eine merkliche Erwärmung fühlt. Das Metallstäbchen hat die empfangene Wärme schnell zu allen seinen Theilen fortgeleitet, und gibt sie auch leicht an die Umgebung ab; beim hölzernen Stäbchen geschieht dies viel schwächer und langsamer. Körper der ersten Art heißen gute Wärmeleiter, Körper der letzten Art schlechte Wärmeleiter (im gewöhnlichen Leben aber heißen sie „warmhaltende Körper"). Zu jenen gehören die dichteren festen Körper also alle Metalle, und zwar in folgender Ordnung: Gold, Platin, Silber, Kupfer, Eisen, Zinn, Blei; sodann Marmor, Porcellan, Ziegelsteine. Zu diesen gehören besonders die organischen Körper: Federn, Haare, Wolle, Stroh, Heu, Holz, Kohlen, auch Schnee; hierauf folgen die luftförmigen Körper und endlich machen die tropfbar-flüßigen Körper als die schlechtesten Wärmeleiter den Schluß. (Unter einer Schneedecke bleiben die Saatfelder gesund; die Luft zwischen Fenster und Vorfenster, die Luft zwischen unseren Kleidern hält warm; die Fische im Waßer zur Winterszeit. Von dem schlechten Wärmeleitungsvermögen des Waßers kann man sich auch dadurch überzeugen, daß man eine mäßig lange, mit dem Waßer eines thätigen Dampfkeßels in Verbindung stehende Röhre ganz wohl anfaßen kann, ohne sich zu verbrennen. —) Hieraus erklären sich mit Leichtigkeit folgende Thatsachen: Wollene Kleider, Pelze, Betten ꝛc. halten uns warm. Lehmhütten mit Stroh gedeckt, sind im Winter wärmer, im Sommer kühler, als gemauerte und

mit Ziegeln gedeckte Häuser. Bäume, Brunnen ꝛc. werden im Winter mit Stroh umwickelt; vor Kellerfenster legt man Stroh und Dünger; die Eisgruben werden mit Holz ausgeschlagen und mit Stroh bedeckt; metallenen Feuergeräthschaften und Kochgeschirren gibt man hölzerne Griffe. Auf Steinen schmilzt der Schnee früher, als auf Holz; eiserne Oefen heizen schnell, (§. 66.), halten aber nicht so lang und so angenehm warm, als thönerne. Ein Rauchkerzchen brennt auf Holz ganz aus, auf Metall nicht. Glühende Kohlen kann man in der Hand auf untergestreuter Asche tragen. Um ein kaltes Glas auf dem geheizten Ofen vor dem Springen zu bewahren, legt man Papier unter. Blei kann man in einer Spielkarte schmelzen. Ein zinnerner Keßel oder Löffel oder Teller, auch Blechgeschirre schmelzen über dem Feuer nicht, so lang Waßer darin ist.

Während in festen Körpern die Wärmeleitung gleichsam von Schichte zu Schichte erfolgt, so erzeugt sie in tropfbar- und elastisch-flüßigen Körpern Strömungen: die wärmeren, mehr ausgedehnten Theile steigen nach oben, die kältern sinken nieder, wodurch eine beständige Bewegung in der Flüßigkeit entsteht, so daß zuletzt die ganze Flüßigkeit gleichmäßig und namentlich bälder erwärmt wird, als dies durch bloße unmittelbare Wärmeleitung erfolgen könnte. — Oberhalb des geheizten Ofens aufgehängte, spiralförmig gewundene Papierstreifen veranschaulichen diese Strömungen der erwärmten Luft; ebenso die Ventilatoren in den Fenstern geheizter Zimmer: der Druck des aufsteigenden wärmeren Luftstromes setzt sie in Bewegung. In den Lampen mit Cylindergläsern steigt die heiße Luft wie in einem Rauchfang in die Höhe, unten strömt kalte Luft zur Flamme und wird theils verbrannt, theils erwärmt und aufwärts getrieben. — Diese Strömungen in erwärmten Flüßigkeiten erfolgen um so schneller, je mehr Berührungspunkte die Flüßigkeit dem Gefäße und dieses der Wärmequelle darbietet. Kochgefäße, in welchen eine Flüßigkeit schnell sieden soll, müßen deswegen weiten Boden oder überhaupt genügende und günstige Feuerberührungsfläche haben. (Pfannen, Töpfe, Dampfkeßel.)

§. 68. Wärmecapacität.

Mischt man 1 ℔ Waßer von $+ 20^0$ und 1 ℔ Waßer von $+ 10^0$, so kommen nun 30 Wärmegrade auf die doppelte Waßermenge, man erhält also Waßer von $\frac{20 + 10}{2} = 15^0$. 5 ℔ von 20^0 mit 3 ℔ von 10^0 zusammengegoßen gibt $\frac{(5 \times 20) + (3 \times 10)}{8} = 16\frac{1}{4}{}^0$. — Ebenso wird es sich bei vollkommener Berührung fester Körper der nämlichen Art verhalten. Berühren sich Körper derselben Art von verschiedener Temperatur, so theilt der wärmere dem weniger warmen so lang Wärme mit, bis beide gleiche Temperatur haben.

a) Mischt man eine bestimmte Menge (Gewicht) Waßer von $+ 80^0$ R. mit gleich viel Waßer von 0^0 R., so zeigt das Thermometer in der Mischung $+ 40^0$ R.

b) Vermengt man gleiche Gewichte Waßers von 0^0 R. und Quecksilber von $+ 80^0$ R., so zeigt das Thermometer in dem Gemenge $+ 2\frac{4}{10}{}^0$ R.

c) Vermengt man endlich gleiche Gewichte Waßers von $+ 80^0$ R. und Quecksilber von 0^0 R., so wird die Temperatur des Gemenges $+ 77\frac{6}{10}{}^0$ R. sein.

Aus dem ersten Versuch geht hervor, daß bei Vermischung gleicher Mengen eines und desselben Körpers von ungleicher Temperatur, die Mischung durch gleichförmige Vertheilung der Wärme eine Temperatur annimmt, welche zwischen den Temperaturen der Zuthaten das Mittel hält. Der zweite Versuch lehrt, daß bei der Vermengung heterogener Körper dieses Gesetz nicht stattfindet, da die ganze Menge Wärme, durch deren Verlust das Quecksilber von $+ 80^0$ R. auf $2\frac{4}{10}{}^0$ R. herabsinkt, das Waßer nur um $2\frac{4}{10}{}^0$ R. d. h. von 0^0 auf $+ 2\frac{4}{10}{}^0$ R. erheben kann. Der dritte Versuch bestätigt das so eben Gesagte, indem er beweist, daß dieselbe geringe Menge Wärme, welche das Waßer verliert, um von 80^0 auf $+ 77\frac{6}{10}{}^0$ R. herabzusinken, auch schon hinreichend ist, die Temperatur des Quecksilbers bedeutend, nämlich von 0^0 auf $+ 77\frac{6}{10}{}^0$ R. zu erhöhen, daß also das Waßer nahe 33 mal so viel Wärme mit

gleicher Intensität in sich aufnehmen kann, als Quecksilber. Auf solche Weise hat die Erfahrung gelehrt, daß gleiche Mengen verschiedener Körper, unter übrigens ganz gleichen Umständen, verschiedene Mengen Wärme erfordern, um gleich intensiv befriedigt zu sein, d. h. auf gleiche Temperatur gebracht zu werden. Dieses Vermögen verschiedener Körper, zur Erhebung auf eine gleich hohe Temperatur verschiedene Wärmemengen aufzunehmen, hat man die Capacität für die Wärme (— Wärmecapacität —), die so aufgenommene Wärme aber — bei Vergleichung gleicher Gewichte verschiedener Körper — die specifische Wärme, oder — wenn gleiche Volumen der Körper verglichen wurden — die relative Wärme genannt; den Zustand aber, in welchem sich dann die Körper befinden, im ersten Fall die specifische, im letzten Fall die relative Wärme. Specifische Wärme und Wärmecapacität kann folglich durch dieselbe Zahl ausgedrückt werden; welche jedoch begreiflicher Weise nicht die wahre Menge Wärme, sondern nur das Verhältnis derselben in verschiedenen Körpern anzeigt. Ebenso gut könnte man freilich auch die verschiedene Fähigkeit verschiedener Körper, sich mit Waßer zu verbinden, Waßercapacität, das aufgenommene Waßer, specifisches oder relatives Waßer und ihren Zustand die specifische oder relative Näße nennen. Nach dem weisen Naturgesetz des allmähligen Uebergangs haben die Körper auch sehr verschiedene Wärmecapacitäten. Wird die des Waßers = 100 gesetzt, so ist sie bei atmosphärischer Luft 27; Sauerstoffgas 24; Waßerstoffgas 329; Waßerdampf 85; Eisen 9; Vitriolöl 35; Salzsäure 60; Kochsalz 23; Kalk 40; Flintglas 19; Zink 10; Wismuth 4; Zinn 7; Aether 52. Die Ursachen der verschiedenen Wärmecapacität verschiedener Körper, scheinen in der Cohäsion und chemischen Anziehung zu liegen, welche sich aber gegenseitig modificiren, und namentlich auch durch die Temperatur geändert werden können. Im Allgemeinen besitzen daher die cohärentesten Körper, die Metalle, die geringste, das Waßerstoffgas die größte Wärmecapacität; doch finden sich auch aus den vorigen Gründen cohärentere Metalle mit größerer Wärmecapacität als minder cohärente. Da Wärme

auf die Cohäsion vermindernd einwirkt, so ist begreiflich, warum auch die Wärmecapacität der Körper mit der Temperatur derselben zunimmt; sie ist bei Eisen zwischen 0° u. + 80° R. = 9, zwischen 0° u. + 160° R. = 11, zwischen 0° u. + 240° R. = 12, zwischen 0° u. + 280° R. = 12½. Die Erfahrung lehrt ferner, daß durch mechanische Gewalt, Zusammendrücken, Hämmern, die Wärmecapacität der Körper beschränkt, durch Aufhebung solcher Gewalt gesteigert werden könne. Daraus erklärt sich die Kälte erzeugende Wirkung, also größere Wärmecapacität der Luft in großen Höhen, da sich mit der Höhe Dichtigkeit und Druck derselben vermindert, und deshalb wärmeren Körpern, z. B. unserem Leib, begierig Wärme entzieht.

§. 69. Wärmebindung.

Wenn einem Körper Wärme mitgetheilt wird, so dehnt er sich zunächst aus, seine Theilchen werden weiter von einander entfernt, und ist die Temperaturerhöhung groß genug, so verändern sie ihre gegenseitige Lage so sehr, daß z. B. feste Körper flüßig, d. h. geschmolzen werden. Verschiedene Körper fordern sehr verschiedene Mengen von Wärme, und auch sehr verschiedene Temperaturgrade, um zu schmelzen: Alkohol — 79°, Aether — 44°, Quecksilber — 39°, Terpentinöl — 10°, Wein — 5°, Waßer — 0°, Butter + 25°, Seife + 33°, Talg + 40°, Stearin + 43—49°, gelbes Wachs + 61°, weißes Wachs + 68°, Schwefel + 112°, Zinn + 230°, Blei + 321°, Zink + 342° Bronçe + 900°, Silber + 1021°, Gußeisen + 1200°, Gold + 1421°, gehämmertes Feineisen + 1600° C.

Um das Schmelzen „strengflüßiger" Körper zu erleichtern, setzt man ihnen andere Körper zu. Solche Flüße oder Schmelzmittel sind Borax, Pottasche, Glas, Kalk, Sand. Manche Körper, namentlich Metalle, schmelzen oft auch viel leichter, wenn noch ein anderes Metall vorhanden oder mit ihnen verbunden ist. Verzinntes Kupfer schmilzt leichter, als reines Kupfer. Das Schnellloth der Flaschner aus Zinn und Blei, ist leichtflüßiger, als Zinn oder Blei allein. Tropfbarflüßige und viele feste Körper werden durch eine hinreichende Wärme-Menge so dünn-

flüßig, daß sie in den gasförmigen Zustand übergehen, welchen Vorgang an freier Luft man im gewöhnlichen Leben das Sieden nennt. Unter einem Druck der Atmosphäre von 28″ Quecksilbersäule im Barometer, ist der Siedepunkt bei verschiedenen Substanzen verschieden; schwefligte Säure siedet bei — 10° C. Salzäther + 12°, Salpeteräther + 21°, Blausäure + 26°, Schwefeläther + 36°, Weingeist + 78°, Waßer + 100°, Terpentinöl + 157°, Schwefelsäure + 287°, Quecksilber bei + 360° C. Außer einem verminderten Luftdruck (s. unt. bei den Dämpfen) verfrühen aber auch bei gleichem Luftdruck kleine spitzige feste Körper in der Flüßigkeit, das Sieden. Daher erfolgt das Sieden des Waßers in Metallgefäßen bei einer $1\frac{1}{3}$° C. niedrigeren Temperatur als in den glatteren Glasgefäßen, und eben so wenn man Feilspäne, Glassplitter u. s. w. in die Flüßigkeit wirft.

Erwärmt man Eis, in welchem ein Thermometer — 10° R. zeigt, so wird die Temperatur schwach steigen, bis das Thermometer 0° zeigt und dann auch so lange diese Temperatur angeben, bis die letzte Spur von Eis zu Waßer geworden ist. Von nun an nimmt die Temperatur des Waßers bei ununterbrochener Erhitzung wieder zu, bis zum Sieden, und bleibt dann auf diesem Punkt stehen. Von der zugefloßenen und scheinbar verschwundenen Menge Wärme, welche bei Verwandlung des Eises in Waßer vom Gefühl und Thermometer nicht empfunden wird, sagt man, daß sie gebunden worden sei. Dieses „Binden" der Wärme wird noch deutlicher durch folgenden Versuch: Man mischt gleiche Gewichte Eis von 0° und Waßer von + 60° R.; dadurch schmilzt alles Eis vollständig und die Mischung nimmt eine Temperatur von 0° an. Das Waßer hat eine Wärmemenge, welche einer Temperatur von + 60° R. entspricht, verloren; das Eis hat sie gewonnen, aber auf eine unfühlbare Weise, indem es sich in Waßer verwandelt hat, also bei dieser Veränderung seines Aggregatzustandes jene bedeutende Wärmemenge ganz gebunden oder verschluckt. (Die Wärmemenge, welche 1 ℔ Waßer von + 60° R. enthält, um damit 1 ℔ Eis von 0° in Waßer zu verwandeln, nimmt man herkömmlicher Weise zur Wärme-Einheit). —

Bedient man sich zur Schmelzung des Eises von — 10° R. einer gleichförmigen Flamme (etwa Weingeistlampe), welche in gleichen Zeiten dem Eis gleich viel Wärme beibringt, und dabei so intensiv wirkt, daß sie in 5 Minuten dem Eise eine Temperatur von 0° gibt, so wird das Thermometer die nächsten 30 Minuten unverändert auf 0° zeigen, während dieser Zeit aber alles Eis in Waßer verwandelt sein. Es bedurfte also 6mal so großer Wärmemenge, um das Eis in Waßer zu verwandeln, als um dasselbe Eis von — 10° auf 0° zu bringen, d. h. um 10° zu erwärmen. Setzt man den Versuch fort, so steigt die Temperatur des Waßers in den nächsten 40 (= 8 × 5) Minuten, von 0° bis + 80° R. (= 8 × 10°). Es beginnt nun zu sieden, und das Thermometer zeigt unverändert auf + 80°, bis alles Waßer als Dampf entwichen ist. Dies geschieht aber in weiteren 210 (42 × 5) Minuten. Es wird also beim Uebergang des Waßers in Dampf so viel Wärme gebunden, als nöthig wäre, um ungefähr 5mal so viel Waßer von 0° bis 80° zu erwärmen. — Was hier beim Waßer beobachtet wurde, gilt allgemein bei allen Körpern, begreiflicherweise aber finden bei ihnen andere verschiedene Zahlenverhältnisse statt. So oft ein Körper aus dem festen in den tropfbarflüßigen, oder aus diesem in den elastischflüßigen Zustand übergeht, wird Wärme gebunden. Wenn man die Hand mit Aether oder Weingeist netzt, wenn man aus dem Bade steigt, in naßen Kleidern ꝛc. — fühlt man Kälte, weil die verdunstende Flüßigkeit Wärme bindet, welche sie zum Theil unserem Körper entzieht. So wird durch Waßersprengen die Luft im Zimmer und auf der Straße abgekühlt; so tritt nach Regen kühle Witterung ein, weil das verdunstende Waßer die Wärme der Luft bindet. In den südlichen Ländern hat man Kühlgefäße von porösem Thon. In Spanien, Ungarn, der Wallachei bereitet man sich im Sommer kühles Trinkwaßer, indem man es in unglasirten Flaschen von porösem Thon (Algarazza's) füllt und der Luft aussetzt. Der Inhalt der Krüge wird dann bald erkühlt; weil das langsam durchschwitzende Waßer verdunstet, wobei Wärme gebunden und den Krügen

sammt ihrem Inhalt entzogen wird. Heiße Gegenstände werden bequemer mit naßen Tüchern angefaßt. Lichter putzt man in Ermangelung der Lichtscheeren mit naßen Fingern. Schnee und Kochsalz, oder Schnee und Salmiak gemischt, werden tropfbar und bleiben auch in diesem Zustand noch bei sehr niederer Temperatur; dadurch binden sie Wärme und kühlen die Umgebung bedeutend ab. Durch erstere Frost-Mischung kann im geheizten Zimmer ein Zinnteller auf der Tischplatte anfrieren; letztere gibt eine Kälte von — 32° R., bei welcher das Quecksilber gefriert. Große Kälte kann man durch Verdunstung im luftleeren Raume erzeugen: stellt man eine Schale mit Waßer und eine zweite Schale mit concentrirter Schwefelsäure oder Chlorcalcium unter den Recipienten der Luftpumpe, so verdunstet das Waßer bei einiger Luftverdünnung schnell, die Waßerdünste werden von der Schwefelsäure oder dem Chlorcalcium begierig eingesogen, und das Waßer gefriert.

Wenn ein Körper umgekehrt, vom elastischflüßigen Zustand in den tropfbaren, oder von diesem in den festen übergeht, so muß die vorhin gebundene Wärme wieder **frei** werden. Wird salzsaures Gas mit Ammoniak-Gas zusammengemischt, so entsteht ein weißes Pulver, Salmiak, und Wärme wird entbunden. Das chemische Wunder der Alten entsteht, wenn eine gesättigte wäßerige Auflösung des basisch kohlensauren Kaliumoxydes mit einer ebenfalls concentrirten wäßerigen Auflösung des salzsauren Calciumoxydes vermischt wird, indem sich unter Wärme-Entbindung eine starre feste Substanz bildet. Wird gebrannter Kalk mit kaltem Waßer übergoßen („gelöscht"), so verbindet sich ein Theil des Waßers mit der Kalkerde zu Kalkhydrat, geht also in den festen Aggregatzustand über, und die dabei frei werdende Wärme-Menge erzeugt eine bedeutende Hitze. Nach Rudbergs Versuch bedurfte sehr erhitztes geschmolzenes Zinn, um von + 232° R. auf + 224° R. abzukühlen, 14 Secunden; von 192° auf 184° 23 Secunden; von 184° bis 176°, wo es fest wurde, 560 Secunden; nach dem Festwerden von 176° bis 168° 33 Secunden. Die lange Zeit von 560 Secunden war nicht bloß zum Freiwerden einer dem Intervall

von 8° entsprechenden Wärmemenge, sondern auch zum Freiwerden jener beim Schmelzen gebundenen Wärme nöthig.

Man kann die festen Körper schmelzen, die flüßigen verdampfen, wenn sie dieser Zustände fähig sind und wenn man ihnen die hinreichende Wärmemenge beibringen kann. Ebenso können die elastisch-flüßigen tropfbar, tropfbare fest gemacht werden, wenn man ihnen hinlängliche Wärmemenge bleibend zu entziehen vermag, was aber bis jetzt noch nicht bei allen Körpern, namentlich auch nicht beim Sauer- und Waßerstoffgas, beim Alkohol und Aether gelungen ist, obwohl man eine Temperatur von — 68° C. hervorbrachte. Diejenigen elastisch-flüßigen Körper, denen man mit den bekannten Mitteln nicht so viel Wärme entziehen kann, daß sie in den tropfbar-flüßigen Zustand übergehen, die also bei jeder bisher erreichbaren Temperatur elastisch-flüßig bleiben, heißen G a s e; diejenigen, welche durch Entziehung von Wärme zum Theil in den flüßigen oder festen Aggregatzustand zurückkehren, heißen D ä m p f e.

Wenn das Waßer, fortdauernd erhitzt, eine Temperatur von + 80° R. erreicht hat, so vermag es an der freien Luft, wie wir oben gesehen haben, nicht mehr im tropfbar-flüßigen Zustande zu beharren, sondern nimmt Dampfgestalt an und entweicht. Bei dieser Temperatur haben also die Dämpfe gerade so viel Spannung, als nothwendig ist, um den atmosphärischen Druck zu überwinden. Unter sonst gleichen Verhältnissen siedet daher jede Flüßigkeit um so früher, je geringer der Druck der Atmosphäre ist. In unseren Klimaten ändert sich der Quecksilberstand im Barometer (§. 47) um etwa 1 Zoll auf oder ab von 27″; dadurch wird der Siedepunkt auf oder ab um 1° verrückt. Auf dem Montblanc (Barometerstand 16″) siedet das Waßer bei 69° R., unter dem Recipienten der Luftpumpe bei 30°, in der Toricelli'schen Leere bei 16°, im sogenannten Pulshammer — einem zugeschmolzenen Glasgefäße, welches etwas Waßer und äußerst verdünnte Luft enthält — schon bei der Wärme der Hand. — Wenn man dagegen den Dämpfen in einem ganz verschloßenen, mit Sicherheitsventil versehenen Topfe (Papin 1680) das Entweichen unmöglich macht, so häufen sie

sich an und üben eine so große Spannkraft nach allen Seiten und Richtungen aus, daß die weitere Dampfbildung nur bei höherer Temperatur, als die gewöhnliche Siedhitze, möglich wird, weshalb Horn, Knochen rc. durch diese größere Hitze zu weicher Gallerte zersotten werden. Haben die Dämpfe eine Temperatur von 80° R., so vermögen sie eine Quecksilbersäule von 28″ zu tragen, oder üben den Druck der Atmosphäre aus. Nach Arago und Dulong halten Waßerdämpfe von + 100° R. im Papin'schen Topfe das Gleichgewicht mit einer Quecksilbersäule von 63″ = 2¼ × 28″, oder sie haben eine Spannung von 2¼ Atmosphären. Ferner ist die Spannung des Waßerdampfes bei 120° R. 4½, bei 140° R. 8½, bei 160° R. 15, bei 180° R. 24 Atmosphären, und man sieht daran z. B., daß Dampf, welcher noch einmal so heiß ist, als solcher von atmosphärischer Spannung, 15mal stärkere Spannung hat. Dieser große Druck macht die Dämpfe geeignet, als Bewegungsmittel in den Dampfmaschinen so Großes zu leisten. Das Wesentliche ihrer Einrichtung besteht darin, daß Waßerdämpfe von einer Spannung, welche je nach der Construction zwischen 1 und 8 Atmosphären beträgt, aus einem verschloßenen Keßel in einen an beiden Enden verschloßenen metallenen Cylinder abwechselnd über und unter den genau anschließenden Kolben geleitet werden, so daß sie diesen vor sich hin und her schieben, und nach vollbrachtem Schub entweder in die Luft entweichen, oder bei Dämpfen von geringer Spannung in ein Verdichtungsgefäß (Condensator) geleitet — und dort zu Waßer verdichtet werden, um auf diese Weise den Gegendruck auf den Kolben zu beseitigen. Die Kolbenstange trägt dann auf sehr mannigfaltig veränderte Weise die Kraft durch einen Zwischenmechanismus zuletzt auf eine Welle rc. über. Die große Wirkung des Dampfes entdeckte Worcester (1663), indem er einen Flintenlauf zu ¾ mit Waßer füllte, fest zuschraubte, und über Feuer hielt, bis er zerplatzte. Man benutzte nun den Dampf zuerst zur Hebung des Waßers aus Bergwerken. Papin verbeßerte (1688) diese Vorrichtungen, Savery baute (1698) die erste Dampfmaschine. Jonathan Hulls ist zwar der Erfinder

der Dampfschiffe, aber erst Perier stellte (1775) das erste Dampfschiff wirklich her, welches jedoch nicht gegen die Strömung getrieben werden konnte. Fulton stellte in Newyork 1807 das erste brauchbare Dampfschiff her. Nachdem man lange Zeit mit Dampf von einem Atmosphärendruck, wie er bei der gewöhnlichen Kochhitze des Waßers sich erzeugt („Watt's Niederdruck"), gearbeitet hatte, erfand der Nordamerikaner Oliver Evans die einfachere Hochdruckmaschine, bei welcher Dampf von 6 Atmosphärenspannung verwendet wurde. 1802 bauten Trevithik und Vivian den ersten Dampfwagen mit einer Hochdruckmaschine, aber ohne Erfolg, weil sie gleich auf gewöhnlichen Straßen damit fahren wollten. Erst später baute man Eisenbahnen, und 1829 errang sich der englische Ingenieur Stephenson in Newcastle den Preis des practischen Locomotiverbauers. In einem Dampfwagen-Wettrennen zog seine Maschine „the rocket" eine Last von 250 Ctr. in einer Stunde 11 englische Meilen weit. Seitdem hat man gegen diese schwache Locomotive viel stärkere und vollkommnere gebaut, welche nahe die Kraft von 200 Pferden leisten, und zum Befahren von sehr starken Steigungen verwendet werden. (Harzgebirge, bayr. Fichtelgebirge, schwäbische Alp, Sömmering.)

Da die gebundene Wärme wieder frei wird, wenn die Dämpfe in den tropfbar-flüßigen Zustand zurückkehren, so wird der Dampf auch zur Erwärmung benützt — bei der Dampfheizung und beim Kochen. Aus dem Dampfkeßel werden die Dämpfe durch ein geräumiges Rohr fortgeleitet und von diesem an die zu erwärmenden Orte verzweigt, wobei sie sich auf ihrem Wege in den Röhren zersetzen, ihre gebundene Wärme durch die gutleitenden Röhren abgeben und durch eigene kleine Abzugsröhren als tropfbare Flüßigkeit wieder abgeleitet werden. Damit solche Röhren, welche der Kosten und besseren Leitungsfähigkeit für die Wärme wegen, meist von sehr dünnem Kupferblech hergestellt werden, über Nacht oder allemal dann, wenn die Arbeit stille steht, von dem Luftdruck nicht platt gedrückt werden, insoferne durch die Condensirung der Dämpfe der Druck im Innern unter den der Atmosphäre sinken kann, so

müßen Luftventile angebracht werden, welche sich nach Innen öffnen. Der große Vortheil solcher Vorrichtungen beim Bleichen, Trocknen, Färben, Gerben, Bierbrauen, Sieden, Heizen, Appretiren, in Badeanstalten u. s. w. liegt darin, daß man nur eine einzige Feuerstelle zu unterhalten braucht, also einiges Brennmaterial erspart, sodann aber an Bequemlichkeit, Raum, namentlich an Zeit, Gleichförmigkeit der Arbeit und Sicherheit vor Feuersgefahr gewinnt. Dagegen sind die Anlagekosten solcher Einrichtungen im Verhältnis zu gewöhnlichen Feurungen nicht unbedeutend und daher wohl zu überlegen; der Vortheil ihrer Anwendung liegt in den Umständen; denn das Brennmaterial kann an die Wände des Dampfkeßels, welche der Spannung wegen nicht unbedeutende Dicke haben müßen, keineswegs seine Wärme ökonomischer abgeben, als bei gewöhnlichen Feurungen an dünne offene Keßel, vielmehr unvortheilhafter.

Aus der Erfahrung, daß ein Glas Waßer, an der Luft stehend, endlich alles Waßer verliert, muß man schließen, daß nicht bloß durchs Sieden allein, sondern schon bei jeder geringeren Temperatur Theile der Körper allmählig in Luftgestalt verwandelt werden. Man nennt dies die Verdunstung der Körper. Daß selbst feste Körper verdunsten, beweist der Geruch, den sie in den Räumen verbreiten, wo sie aufbewahrt sind. Auch die Verdunstung geschieht durch Wärme, welche dabei gebunden wird. Eine Flüßigkeit verdunstet um so leichter, wenn sie von solcher Beschaffenheit ist, daß sie auch leicht zum Sieden gebracht wird; dann aber auch je höher die Temperatur der sie umgebenden Luft, je größer die Oberfläche der Flüßigkeit ist, je weniger Theile der verdunstenden Flüßigkeit die Luft schon enthält und je schneller die Luft über ihr hinstreicht. Wir benützen die Verdunstung beim Aufhängen der feuchten Wäsche und frisch gefärbter Tücher, beim Trocknen des Grases und des Getreides, beim Abkühlen der Speisen 2c. durch Blasen und durch Umrühren. — In einer bestimmten Menge Luft vermag sich unter einem bestimmten Druck und einer bestimmten Temperatur, auch nur eine bestimmte Menge Waßer in

Dampf aufzulösen, wodurch die Luft ihren Sättigungspunkt erreicht hat; das Verdunsten wird also so lange fortdauern, bis dieser sehr veränderliche Sättigungspunkt wirklich eingetreten ist. Je wärmer die Luft bei demselben Druck ist, desto mehr Dämpfe vermag sie in sich aufzunehmen. Vor einem Gewitter ist die Luft mit Dünsten gesättigt, und unsere Ausdünstung dadurch beeinträchtigt; daher erscheint uns die Luft so schwül.

§. 70. Die Hydrometeore oder wäßerigen Lufterscheinungen.

Bei der großen Menge von Waßer und waßerhaltigen Körpern, mit welchen die Luft stets in Berührung ist, ferner bei der zu keiner Zeit aufhörenden Verdunstung, enthält die Luft beständig eine große Menge Waßerdämpfe, selbst dann, wenn sie uns völlig trocken und durchsichtig erscheint. Vermischen sich nun zwei mit Dämpfen gesättigte Luftschichten von ungleicher Temperatur, so gestalten sich durch gemeinschaftliche Vertheilung ihrer Wärme, also durch theilweise Herabsetzung der Temperatur, die Waßerdämpfe in der Atmosphäre zu wäßerigen Niederschlägen. Diese bilden kleine hohle Waßerbläschen, welche in der Luft schwimmen und im Allgemeinen Dünste heißen. In der Nähe der Erdoberfläche heißen sie **Nebel**, in größerer Höhe **Wolken**. Der **Nebel** entsteht gewöhnlich, wenn der feuchte Boden oder das Waßer der Seen und Flüße wärmer ist, als die schon mit Feuchtigkeit gesättigte Luft. Manchmal sieht man aber auch dichte Nebel über den Flüßen oder sogar über Eis, während die Luft wärmer ist. In diesem Falle ist die warme Luft mit Feuchtigkeit gesättigt, und ihr Waßergehalt wird durch Vermischung mit den kälteren Luftschichten, welche durch Berührung mit dem kalten Waßer oder dem Eise gebildet werden, zu Nebel verdichtet. Auf die nämliche Weise entstehen im Sommer nach Gewitterregen die Nebel über größeren Waßermassen. Die Nebel bilden sich auch mitten im Lande, sobald durch Luftströmung wärmere feuchte Luftmassen mit kälteren gemischt und dadurch die Temperatur bis zum Thaupunkt erniedrigt wird, d. h. bis auf den Grad, wo eben die

Verdichtung des Waßerdampfes beginnt, für welchen also die Luft mit Waßerdampf gerade gesättigt ist.

Bei den **Wolken** fragt es sich zunächst, wie es möglich ist, daß die sie bildenden Dunstbläschen in der Luft schweben, da sie doch schwerer sein müßen, als die Luft. Zur Antwort diene: Die Dunstbläschen sinken allerdings in ruhiger Luft herab; aber langsam, da ihnen die Luft großen Widerstand entgegensetzt; sie gelangen auf ihrem Wege aber bald in wärmere, nicht mit Dünsten gesättigte Luftschichten, in welchen sie wieder verdunstet und als Dämpfe dem Auge unsichtbar werden. Während sich aber die unteren Dunstbläschen auflösen, bilden sich aus den Dämpfen oben immer wieder neue: daher scheint die Wolke unbeweglich in der ruhigen Luft stehen zu bleiben; daher aber auch die mannigfachen Veränderungen in den Formen, in welchen uns die Wolken erscheinen. In bewegter Luft müßen die Wolken ihrer verhältnismäßigen Leichtigkeit wegen der Richtung der Luftströmung folgen. — Man unterscheidet folgende Hauptarten von Wolken: 1) **Federwolke** (cirrus), besteht aus zarten Fäden, welche bald als feiner, weißlicher Federpinsel am Himmel erscheinen, bald das Ansehen von gekräuselten Locken haben, bald sich netzförmig durchkreuzen. Nach längerer heiterer Witterung sind sie gewöhnlich Vorboten eines Regens, der um so früher eintritt, je mehr die Fäden verwaschen erscheinen. Sie geht unter allen Wolken am höchsten, und man vermuthet sogar, daß sie aus lauter feinen Eisnadeln bestehen. 2) **Haufenwolke** (cumulus) erscheint in der einfachsten Form als Halbkugel (Krautköpfe); bald aber häufen sich mehrere zusammen und erscheinen am Horizonte einem Gebirge ähnlich. Diese Wolkenart bildet sich oft im Sommer in großer Menge, ohne daß deswegen ein Regen zu befürchten wäre, wenn der Himmel dabei fortwährend dunkelblau bleibt. 3) **Schichtwolke** (stratus) ist eine oben und unten wagrecht begrenzte Wolkenschicht, welche im Sommer oft bei Untergang der Sonne sich bildet, dabei in außerordentlicher Farbenpracht erscheint und bei Sonnenaufgang wieder verschwindet. Sie geht unter allen Wolken am tiefsten. 4) **Wand** (paries) ist

eine Wolkenbank, welche sich am westlichen Himmel bildet, während der östliche noch blau ist. Oben ist sie weißlich, unten mehr und mehr tief graublau, und sie verbreitet sich nach und nach über den ganzen Himmel. Die untergehende Sonne erscheint durch diese Wolken mehr oder weniger blutroth. Sie sind ziemlich sichere Vorzeichen von Regen, welcher noch während der Nacht, oder am folgenden Tage kommt. — Wenn durch fortwährende Verdichtung die Dunstbläschen in den Wolken größer und schwerer werden, wenn sodann einzelne Bläschen sich nähern und zusammenfließen, so bilden sich Waßertropfen, welche als Regen herabfallen. Anfangs sind sie noch sehr klein, aber während des Fallens werden sie immer größer, weil sie auf ihrem Wege den Waßerdämpfen der unteren Luftschichten begegnen und sie durch Herabsetzung ihrer Temperatur auch verdichten. Die Wolken, in denen sich Schneeflocken bilden, bestehen wahrscheinlich aus ganz kleinen Eiskrystallen, welche sich durch fortwährende Verdichtung der Waßerdämpfe vergrößern, ja noch beim Herabfallen durch die untere Luft, auf die nämliche Art wie vorhin beim Regen bemerkt wurde, an Umfang wachsen. Die mannigfache, wunderschöne Gestalt der Schneeflocken läßt sich im Wesentlichen auf einen sechseckigen Stern zurückführen. — Auch im Sommer kann die Abkühlung in den oberen, mit Waßerdämpfen erfüllten Luftschichten durch Wärmebindung bei elektrischen Vorgängen so bedeutend und so plötzlich sein, daß die Waßertropfen gefrieren und als Schloßen oder Hagel herabfallen. Da es nach den bisherigen Erfahrungen nur bei Tagesgewittern hagelt, welchen eine bedeutende Sonnenhitze vorausging, so ist damit die vorhin erwähnte Art der Hagelbildung überaus wahrscheinlich.

Wenn im Sommer nach Sonnenuntergang der Himmel klar und die Luft ruhig bleibt, so strahlen die verschiedenen Gegenstände auf der Erde, die im Verlauf des Tages durch die Einwirkung der Sonne erlangte Wärme wieder aus, und erlangen je nach ihrer Beschaffenheit eine um mehrere Grade niedrigere Temperatur, als die um einige Fuße über ihnen lie-

genden Luftschichten; zum deutlichen Beweis, daß die Luft ein schlechter Wärmeleiter ist. Die kalten Körper erniedrigen dabei natürlich auch die Temperatur der sie zunächst umgebenden Luftschichten, und setzen sich in Beziehung auf Wärmeabgabe und Aufnahme mit ihnen ins Gleichgewicht. Tritt nun unmittelbar vor Sonnenaufgang, durch die Anziehung der Sonne auf die Luft, eine Verminderung der Dichtigkeit der Luft ein, wie sie durch das Barometer auch nachgewiesen wird (§. 47. a.), so muß eine Vermehrung ihrer Wärmecapacität erfolgen (§. 68.), und sie wird die nöthige Wärme allen Körpern entziehen, welche sie hergeben, doch vorzüglich den guten Wärmeleitern und durch sie der Erde, während andere Körper diesem Bestreben nicht so umfaßend genügen können. Diese letzteren bleiben dann aber auch, wenn bei naher Erhebung der Sonne über den Horizont die Wärmecapacität der untern, mit Waßerdämpfen erfüllten Luftschichten wieder abnimmt, in Folge jener Erkältung auch jetzt noch kälter, als die beßeren Wärmeleiter, und sind folglich geeignet, die Waßerdämpfe in Gestalt des Thaues zu verdichten. Die Thaubildung ist auf Pflanzen, Holz, Papier, Glas reichlicher, als auf rauhen Eisen-, Stahl-, Zink-, Blei-Flächen, und auf diesen wieder größer, als auf den gleichen, aber polirten Flächen. Gold, Silber, Kupfer, Zinn bleiben immer trocken (§. 67.). Der Thau bildet sich, vor Sonnen-Aufgang und zwar im Frühling und Herbst häufiger, als im Sommer, und wird durch sehr schwache Luftströme aus waßerreichen Gegenden bei Sternhimmel begünstigt. Weht ein lebhafter Wind, welcher auch dampfhaltige Luftschichten mit den festen Körpern in Berührung bringt; so erfolgt keine Thaubildung. Nicht selten geschieht dann der unterbliebene Niederschlag der Waßerdämpfe am folgenden Tage durch Regen. — Sind die Körper, an welche sich der Thau ansetzt, unter 0° erkaltet, so kann er nicht mehr in flüßiger Gestalt bleiben, sondern verwandelt sich in feine Eisnadeln, welche wir Reif nennen.

In allen drei Reichen der Natur gibt es Körper, welche die Feuchtigkeit der Luft anziehen, dadurch ihre Ausdehnung

ändern und uns damit in den Stand setzen, den Grad de Feuchtigkeit der Luft zu beurtheilen. Man nennt sie hygroskopische Substanzen. Solche sind z. B. Haare, Holz, Fischbein, Darmsaiten, Stricke, Salz, Zucker, ungelöschter Kalk, Papier, Pergament ꝛc. Man benützt deswegen solche Stoffe zur Verfertigung von Hygrometern (Feuchtigkeitsmeßer). In dem Haarhygrometer von Saussure (Fig. 31) ist an dem Federchen c das von seiner natürlichen Fettigkeit vollkommen befreite Haar befestigt, welches in einer der zwei Rinnen, der Rolle k befestigt ist, und sich um dieselbe herumschlingt, während in der andern Rinne ebenso ein Seidenfaden läuft, an welchen ein kleines Gewicht i von einigen Granen angehängt ist, um das Haar beständig zu spannen. An der Axe der Rolle ist der Zeiger g befestigt, welcher auf dem Gradbogen d f hin und hergeht, wenn die Rolle durch Verlängerung oder Verkürzung des Haares gedreht wird. Bringt man dieses Instrument unter eine Glasglocke, deren Luftinhalt durch Chlorcalcium oder Schwefelsäure möglichst von Waßerdämpfen befreit ist, so ist der Punkt der Scala, auf welchen sich hier der Zeiger stellt, der Punkt der größten Trockenheit und wird mit 0 bezeichnet. Nun bringt man das Instrument unter eine Glasglocke, deren innere Wände mit destillirtem Waßer befeuchtet sind, während sich auf dem Boden auch destillirtes Waßer ausbreitet. Die Luft in der Glocke sättigt sich bald und vollkommen mit Waßerdampf, das Haar wird um $^1/_{50}$ seiner Länge ausgedehnt und der Zeiger geht nach dem andern Ende der Scala. Der Punkt, auf welchen er nun weist, ist der Punkt der größten Feuchtigkeit und wird mit 100 bezeichnet. Der Zwischenraum zwischen diesen beiden Punkten wird in 100 gleiche Theile getheilt, welche man Feuchtigkeitsgrade nennt. Sie sind von der Temperatur unabhängig. Diese Grade halten aber nicht gleichen Schritt mit der Feuchtigkeit der Luft; denn wenn das Hygrometer auf 20°, 72°, 95°, 100° zeigt, so beträgt die Feuchtigkeit der Luft $^1/_{10}$, $^1/_2$, $^9/_{10}$ und 1. Gewöhnlich enthält die Luft nur die Hälfte des Waßers, welches sie aufnehmen könnte (72°), sie enthält aber auch oft nur $^1/_6$,

niemals aber, auch bei Regen nicht, die ganze Menge. Mit größerer Höhe nimmt der Feuchtigkeitszustand der Luft ab.

§. 71. Die Winde.

In geheizten Zimmern tritt durch die geöffnete Thüre, welche in einen kalten Raum führt, warme Luft oben hinaus, kalte unten herein; denn die erwärmte, specifisch leichtere Luft steigt in die Höhe, die kältere, specifisch schwerere tritt von unten aus an ihre Stelle. Da nun die Erde nicht überall gleich stark erwärmt ist, so dehnt sich auch die an einem Orte befindliche wärmere Luft zunächst nach oben und so lange aus, bis sie gleich schwere Luft vorfindet, weil oben der Gegendruck am geringsten ist; sie strömt dann seitwärts ab und an der Oberfläche der Erde fließt die Luft von dem kälteren Orte her zu: so daß in verschiedenen Höhen der Atmosphäre entgegengesetzte Luftströmungen herrschen. Ganz in derselben Art treten die erwähnten Erscheinungen ein, wenn an einem Orte die Atmosphäre stärker abgekühlt wird, als an einem anderen, wodurch die Winde entstehen. Für das Gefühl ist ein Wind um so stärker, je höher man sich befindet. — Am regelmäßigsten ist der erwähnte Vorgang zwischen den Wendekreisen, wo die Luft am meisten erwärmt wird. Dort steigt die erwärmte Luft beständig in die Höhe und wird durch kalte Luft von den Polen her ersetzt. Jeder einzelne Punkt unter den Wendekreisen bewegt sich aber wegen der Axendrehung der Erde schneller von Westen nach Osten, als die herbeiströmende Luft sich vom Nord- und Südpol her nach dem Aequator bewegt. Daher bleibt sie zurück, es bildet sich eine zusammengesetzte Bewegung, welche auf der Nordseite des Aequators als Nordostwind, auf der Südseite als Südostwind sich äußert. Beide vereinigen sich am Aequator in einen sanften Ostwind. Dies sind die Passatwinde. Sie wehen zwischen den Wendekreisen um die ganze Erde, doch sind sie erst 50 Meilen weit von den Küsten entschieden merklich. Die Schiffer benutzen diesen Wind, um nach Amerika zu segeln; sie steuern von Madeira aus südlich bis in die Nähe des Wendekreises, wo sie dann durch den Pas-

sat nach Westen getrieben werden, — eine ganz sichere und die Matrosen äußerst wenig anstrengende Reise, wenn sonst nichts dazwischen kommt. — Im indischen Ocean ist die Regelmäßigkeit der Passate durch die Gestaltung der umgebenden Ländermassen gestört. In den Wintermonaten erkaltet der asiatische Continent, die Sonne aber erzeugt in den südlichern Gegenden eine größere Wärme, deswegen muß die Luftströmung nordöstlich sein, was regelmäßig vom November bis März stattfindet; in den Sommermonaten wird aber der asiatische Continent so stark erwärmt, daß eine Luftströmung von Süden nach Norden, dadurch erzeugt wird, welche sich durch die Axendrehung der Erde in eine südwestliche verwandelt, und diese weht dort vom April bis in den October. Diese regelmäßigen Winde heißen die Moussons. — Nördlich und südlich von der Region der Passate senkt sich der erkaltende südliche Passat mehr und mehr und erreicht als Südwestwind den Boden, es gehen nun die beiden Luftströmungen nicht mehr in einander über, sondern sie streben einander gegenseitig zu verdrängen; bald erlangt der Südwest, bald der Nordost die Oberhand und beim Uebergange von einer Windrichtung in die andere wehen Zwischenwinde nach allen Richtungen. Doch haben aufmerksame Beobachtungen dargethan, daß selbst in den Gegenden der veränderlichen Winde, wenigstens ein bestimmtes Gesetz der Winddrehung herrscht, so daß die Winde gewöhnlich in folgender Ordnung auf einander folgen: S., S.W., W., N.=W., N., N.=O., O., S.=O, S. Am regelmäßigsten läßt sich dies im Winter beobachten; doch findet auch häufig ein theilweises Zurückspringen des Windes statt; aber eine vollständige Umdrehung des Windes — von S. nach O., N., W. — wird in Europa äußerst selten beobachtet. In der südlich gemäßigten Zone muß der Wind in entgegengesetzter Richtung umschlagen. — Ob die Winde trocken, feucht, kalt, warm sind, hängt von den Gegenden ab, aus welchen sie zu uns kommen. Sehr bedeutende Störungen im Gleichgewichte der Luft, höchst wahrscheinlich herbeigeführt durch sehr rasche Abkühlung der Waßerdämpfe, erzeugen die Stürme. Diese sind meistens

als große fortschreitende Wirbel zu betrachten. Innerhalb der Wendekreise sind die Stürme ungleich heftiger, als in der gemäßigten Zone. Die Wirbel führen Sand, Staub und andere leichte Körper in wirbelnder Bewegung mit sich fort. Die Tromben sind Wirbel in größerem Maßstabe, erzeugt durch den Kampf zweier Winde, welche in den obern Luftregionen in entgegengesetzter Richtung wehen. Sie bilden gewöhnlich einen Doppelkegel; der obere, dessen Spitze abwärts gekehrt ist, besteht aus einer Wolkenmasse, der untere, dessen Spitze nach oben gerichtet ist, aus Sand oder sonstigen festen Körpern, wenn die Trombe auf dem Lande stattfindet, — aus Waßer, wenn sie über Seen, oder über dem Meere sich bildet. Letztere heißen auch Waßerhosen, sie heben das Waßer oft viele hundert Fuß hoch. Erstere vermögen Bäume zu entwurzeln, Dächer abzudecken, Balken fortzuschleudern; letztere die Schiffe zu füllen und zum Sinken zu bringen, weshalb die Waßerhosen für die Schifffahrt eine furchtbare Erscheinung sind. —

Achter Abschnitt.

Das Licht.

§. 72. Quellen des Lichts.

1) Die Sonne. Sie selbst scheint ein dunkler Körper zu sein, welcher nur durch seine ungeheure Masse und daher rührende Anziehung, Licht auf noch unbekannte Weise erzeugt. Das Mond-Licht ist nach den neuesten Untersuchungen von Wollaston 800,000mal schwächer, als das Sonnenlicht, und die Fixsterne, welche sich durch ihr funkelndes, stärkeres Licht, von dem ruhigeren und schwächeren Planetenlicht unterscheiden, geben der Erde nur wegen ihrer bedeutend weiteren Entfernung weniger Licht, als die Sonne. — Werden Diamant, Bononischer Stein, Schwefelstrontium, Marmor, krystallisirte Boronsäure,

schwefelsaures Kali, Hutzucker, gebleichtes Wachs, Perlen, Eis, Antimonoxyd, Bleiglanz u. s. w. den Sonnenstrahlen ausgesetzt, so leuchten jene Körper im Finstern mit verschiedenem Lichte einige Zeit fort. Man nennt diese heterogenen Körper Phosphoren durch Insolation.

2) Die Elektricität (10. Abschn.). Funken von Elektrisirmaschinen und Batterien, so wie die Blitze, leuchten sehr bedeutend. Durch elektrische Schläge werden die gleichen Resultate erlangt, wie vorhin durch die Insolation. Auf elektrischen Vorgängen beruht aber auch das Leuchten mancher Körper: a) wenn sie fein zertheilt, mäßig erhitzt werden: Feilspäne, fette und flüchtige Oele, Metalloxyde; b) wenn mechanische Gewalt, Reiben, Schleifen, Schlagen, Preßen, auf sie wirkt. Diamant gebürstet; Zucker mit einer Feder gekratzt; Edelsteine, Kiesel, Kalkstein, Zähne, von dem Schleifstein heftig gerieben; Edelsteine und Zucker, mit einem Holzhammer geschlagen; Oxygengas und atmosphärische Luft, Waßer, Alkohol, ätherische Oele, Baumöl, rasch und stark comprimirt; c) bei chemischer Verbindung mit andern Körpern. Schwefelsäure rasch in kleinen Portionen in Waßer gegoßen; gepulverter und geglühter Carraramarmor, kalt mit Waßer bespritzt; d) bei der Krystallisation. Schwefelsaures Kalium und Kobaltoxyd; sublimirte Benzoesäure; arsenigte Säure. e) Bei der Gährung, wo das entweichende carbonsaure Gas Licht entwickelt.

3) Die Oxydation auf dem Wege des Verbrennungsprozesses, wozu auch das Glühen und die Pyrophore oder Selbstzünder gehören. Aber auch jene Oxydation, die bei der Fäulnis organischer Substanzen, (Holz, Torf, Wurzeln, Kartoffeln, Schwämme, Fische, Fleisch von Säugethieren, Vögeln und Amphibien) in mäßiger Temperatur bei geeigneter Feuchtigkeit und wenig Luftwechsel erfolgt, liefert Stoffe, welche durch langsame Verbrennung Licht geben.

4) Der organische Lebensprozeß ist auch eine Quelle des Lichts; doch ist noch zu entscheiden, ob die einzelnen Erscheinungen theils zu 2 oder 3 gezählt werden müßen. Die gelben Blumen: Calendula offic. und Tropaeolum majus geben

manchmal nach Sonnenuntergang blitzähnliches Licht; von den niederen Thierklassen leuchten: das Johanniswürmchen, die Bohrmuschel, einige Medusen-Arten u. s. w.

§. 73. Verbreitung des Lichtes.

a) die geradlinige Verbreitung. (Optik).

In einem durchsichtigen Mittel von gleichförmiger Beschaffenheit verbreitet sich das Licht von einem leuchtenden Punkte aus nach allen Richtungen, im Allgemeinen nach geraden, aus einander gehenden Linien; welche Lichtstrahlen heißen. Es findet jedoch eine Ablenkung von der geraden Linie statt, wenn Lichtstrahlen nahe an den Kanten fester Körper vorbeigehen müßen. Wenn man in ein finsteres Zimmer durch eine kleine Oeffnung einige Lichtstrahlen fallen läßt, so zeigt sich die geradlinige Verbreitung derselben durch die Lage des Lichtpunktes der auffangenden Fläche. Nähert man aber dem einfallenden Lichtstrahl der Reihe nach verschiedene Körper, so wird derselbe aus seiner geradlinigen Bahn, bald gegen, bald von dem Körper gelenkt und geht dann erst wieder in gerader aber veränderter Richtung fort, wodurch also die verschiedene Wirkung der Körper auf die Bewegung der Lichtstrahlen erwiesen wird. Man hat diese Erscheinung die Beugung (Inflection) genannt.

Aus der Verbreitung des Lichtes in Strahlen ist klar, daß ein und dasselbe Auge um so weniger Lichtstrahlen empfängt, je weiter es von der Lichtquelle entfernt ist. Sei Fig. 35 A ein leuchtender Punkt, mit 4 concentrischen Kreisen, welche 4 concentrische Kugelschalen vorstellen sollen, von denen die zweite zweimal, die dritte dreimal, die vierte viermal so großen Halbmeßer hat, als die erste: so sind die von einem Strahlenbüschel getroffenen Oberflächentheile in der zweiten 4mal, in der dritten 9mal, in der vierten 16mal so groß, als in der ersten Kugelschale; es wird daher ein Auge auf der zweiten nur $^1/_4$, auf der dritten nur $^1/_9$, auf der vierten nur $^1/_{16}$ der Lichtstärke erhalten, als auf der ersten Kugelschale. Die Lichtstärke nimmt daher ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt.

Die in Fig. 36 von A kommenden parallelen Lichtstrahlen

sollen nach einander die drei, ähnliche Flächen vorstellenden, Linien ab, cb, db erleuchten. Es ist klar, daß ab die kleinste, db die größte dieser drei Flächen ist, daß sich also in ab die Lichtstrahlen auf eine kleinere, in cb und db auf eine jedesmal größere Fläche vertheilen müßen, folglich in ab die größte, in db die geringste Erleuchtung bewirken. Daraus ist klar, daß die Lichtstrahlen die größte Wirkung haben, wenn sie senkrecht auffallen.

Körper, welche die Lichtstrahlen ohne merkliche Schwächung durch sich hindurch laßen, heißen durchsichtig; solche, welche die Strahlen merklich schwächen, durchscheinend; solche, welche sie gar nicht durchlaßen, undurchsichtig. Fällt Licht auf einen undurchsichtigen Körper, so ist hinter demselben Mangel an Licht, welchen wir Schatten nennen. In dem Raume hinter dem beleuchteten undurchsichtigen Körper, welcher gar kein Licht empfängt, bildet sich der Kernschatten; da wo noch directe und gebeugte Lichtstrahlen hingelangen, der Halbschatten. Ist Fig. 33 A die Sonne, B der Mond, so bildet sich im Raume cgd der Kernschatten, in ecg und fdg der Halbschatten, welcher um so schwächer wird, je weiter er vom Kernschatten entfernt ist. Bewegt sich die Erde durch den Raum cgd, so gibt es eine partiale oder ringförmige Sonnenfinsternis; je nachdem der Erdmittelpunkt neben oder in der Linie Ag liegt. Total kann eine Sonnenfinsternis nie werden, weil der scheinbare Monddurchmeßer bedeutend kleiner als der der Sonne ist. Bewegt sich aber die Erde nur nahe an dem Kernschatten des Mondes vorbei, und taucht etwas in denselben ein, so entsteht gleichfalls eine partiale Sonnenfinsternis.

Je stärker das Licht, desto dunkler der Schatten. Dies gibt ein Mittel an die Hand, die Stärke des Lichts zu meßen, welches verschiedene Lichtquellen spenden. Das einfachste, aber auf bloßer unsicherer Schätzung beruhende Photometer (Lichtmeßer) besteht daher aus einem undurchsichtigen verticalen Stäbchen, welches die Schatten verschiedener Lichter auf eine gegenüberstehende weiße verticale Wand wirft. Sind die verglichenen Lichtquellen gleich stark und gleich entfernt vom Stäbchen,

so werden auch die Schatten gleich dunkel erscheinen. Sind aber die Lichtquellen 2, 3mal so weit vom Stäbchen entfernt, als eine andere, während die Schatten gleich stark bleiben, so ist die Stärke der entfernteren Lichtquellen der Reihe nach 4, 9mal so groß, als die der näheren.

Jeder einzelne Lichtstrahl, welcher von einem sichtbaren Körper in ein gesundes Auge gelangt, vereinigt sich in diesem jedesmal wieder zu einem einzigen Punkte. Sämmtliche Lichtstrahlen bilden also unter einander verschiedene Winkel, deren Spitzen im Auge liegen, deren Schenkel aber bis zu dem gesehenen Gegenstande reichen. Der Winkel, zwischen den äußersten Lichtstrahlen, bestimmt die scheinbare Größe des Körpers und heißt Sehwinkel. Da nun dieser Winkel größer wird, wenn der Gegenstand uns näher ist (Fig. 46 a), und kleiner bei weiterer Entfernung (b), so müßen Gegenstände um so kleiner scheinen, je weiter sie entfernt sind, weshalb z. B. die entferntesten gleich großen Bäume einer in ihrer Richtung gesehenen Allee immer kleiner und unmittelbar an einander zu stehen scheinen. Durch eine kleine Oeffnung kann man eine Menge großer Gegenstände zugleich sehen, wenn sie hinreichend weit entfernt sind. Vergleichung der scheinbaren Größe mit der Entfernung der Körper, oder auch mit ihrer wirklichen Größe, führt zum richtigen Augenmaß.

b) Geschwindigkeit des Lichts.

Das Licht bewegt sich mit solcher Geschwindigkeit, daß sie bei Entfernungen auf der Erde fast gar nicht in Berechnung genommen werden kann. Keppler und Galiläi hielten sie daher für unmeßbar. Der dänische Astronom Olof Römer (1675) suchte sie aber außerhalb der Erde zu beobachten. Von den vier Jupiterstrabanten wird der nächststehende bei jedem seiner Umläufe um den Planeten regelmäßig verfinstert, und zwar immer nach 42 Stunden 28 Minuten. Bliebe nun die Erde immer in gleicher Entfernung vom Jupiter, oder wäre die Geschwindigkeit des Lichtes wirklich unmeßbar, so müßten zwischen zwei auf einander folgenden Verfinsterungen jenes Trabanten

auch immer gleiche Zeiträume vergehen. Nun hat aber Römer beobachtet, daß der Eintritt der Verfinsterung um 15 Secunden später von der Erde aus gesehen wird, wenn die Erde etwa 630,000 deutsche Meilen weiter vom Jupiter entfernt ist. Nun war der Schluß leicht: wenn das Licht 630,000 Meilen in 15 Secunden zurücklegt, so bewegt es sich in einer Secunde 42,000 Meilen weit. Von der Sonne bis zur Erde braucht es aber $8 \frac{1}{4}$ Minuten, vom Leverrier'schen Planeten, Neptun, im Mittel $4 \frac{1}{10}$ Stunden, vom Sirius, dem nächsten Fixstern nach der Sonne, schon über 6 Jahre, von den entferntesten Fixsternen Millionen Jahre. Die Geschwindigkeit des Lichtes ist ungefähr Millionmal so groß, als die des Schalles, und 10,200 mal so groß, als die Geschwindigkeit der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne.

§. 74. Zurückwerfung (Reflexion) des Lichtes. (Katoptrik).

A. Die Körper, welche nicht selbst leuchten, werden uns dadurch sichtbar, daß sie die Lichtstrahlen, welche auf sie fallen, mehr oder weniger vollkommen zurückwerfen (reflectiren) und — wenigstens theilweise — in unser Auge senden. — Je rauher die reflectirende Oberfläche ist, desto mehr zerstreut sie die empfangenen Lichtstrahlen. Je glatter dagegen eine erleuchtete Fläche ist, desto regelmäßiger wirft sie die auffallenden Lichtstrahlen eines leuchtenden oder beleuchteten Gegenstandes zurück. Das Auge sieht dabei die Punkte, von welchen die Lichtstrahlen ursprünglich kommen, in der Richtung der reflectirten Lichtstrahlen, d. h. es entsteht ein Bild, dessen Ort, von dem des Gegenstandes selbst verschieden ist. Man nennt jede solche glatte Fläche Spiegel (daher Katoptrik, Spiegellehre). Natürliche Spiegel sind: die Oberfläche ruhenden Waßers, Quecksilbers; die Krystalloberflächen 2c. Unsere gewöhnlichen Glasspiegel haben eine doppelte Spiegelung durch ihre vordere und hintere Fläche; man bedient sich daher zu wißenschaftlichen Untersuchungen gut polirter Metallspiegel.

Ist Figur 37 d ein Punkt einer spiegelnden, ebenen oder gekrümmten Fläche, in welchem dieselbe von einem aus a kom-

menden Lichtstrahle getroffen wird, so heißt die in diesem Punkte d auf der Spiegelfläche errichtete Senkrechte b das Einfallsloth; der Winkel x, zwischen dem einfallenden Strahl ad und dem Einfallslothe der Einfallswinkel, der Winkel y aber, zwischen dem zurückgeworfenen Strahl dc und dem Einfallslothe, heißt der Reflexionswinkel. — Einfalls- und Reflexionswinkel sind einander gleich und liegen stets in einer und derselben Ebene, aber auf entgegengesetzten Seiten des Einfallslothes. Daraus folgt, daß alle Strahlen, welche von einem leuchtenden Punkte a auf einen e b e n e n Spiegel fallen, in einer solchen Richtung zurückgeworfen werden, als kämen sie von einem Punkte a, welcher in senkrechter Richtung eben so weit hinter dem Spiegel liegt, als der Gegenstand a vor dem Spiegel ist. Folglich muß das Spiegelbild auch die Gestalt und Größe des wirklichen Gegenstandes haben, aber die rechte Seite des Bildes der linken Seite des Gegenstandes, und umgekehrt, entsprechen; ferner muß aus dem nämlichen Grunde in horizontal liegenden Spiegeln jeder Gegenstand in umgekehrter Stellung erscheinen (die Spiegelung von Ufern im Waßer u. s. w.); in schief hängenden Spiegeln muß jeder senkrecht stehende Gegenstand schief zu stehen scheinen, und mehrere dergleichen Täuschungen.

Befindet sich ein Gegenstand zwischen zwei parallelen ebenen Spiegeln, so werden die entstehenden Bilder gegenseitig so zurückgeworfen, daß ihre Anzahl unbegrenzt sein müßte, wenn nicht bei der jedesmaligen Zurückwerfung ein Theil des Lichtes unreflectirt bliebe, wodurch jedes folgende Bild an Lichtstärke abnimmt; gewöhnlich sieht man nur 6 bis 8 Bilder, (Spiegelzimmer.) — Ist der Gegenstand auf den entgegengesetzten Seiten verschiedenfarbig, so haben alle Bilder im einen Spiegel die eine, im andern Spiegel die andere Farbe.

Sind die zwei Spiegel, zwischen denen ein Gegenstand steht, gegen einander geneigt, so lehrt die Erfahrung: wenn die Neigung der Spiegel den 3, 4, 5, 6 2c. Theil eines Kreisumfanges beträgt, so entstehen beziehungsweise 2, 3, 4, 5 2c. im Kreise geordnete Bilder, im Falle der Gegenstand gleich

weit von beiden Spiegeln entfernt ist; bei ungleicher Entfernung entstehen aber für obige Voraussetzungen 3, 4, 5, 6 ꝛc. Bilder. Darauf gründet sich das von Brewster 1817 erfundene, leicht herzustellende Kaleidoskop. Das Mauerperspektiv und der Operngucker gründen sich ebenfalls auf die Zurückwerfung der Lichtstrahlen durch ebene Spiegel.

B. Der kugelförmige Hohlspiegel wirft die parallelen Strahlen, welche er empfängt, in einen ausgezeichneten Punkt hinter seinem Mittelpunkte zurück, welcher der Brennpunkt heißt, weil in diesem Punkte leicht brennbare Körper entzündet werden. Die Entfernung des Brennpunktes vom Spiegel heißt die Brennweite. Ist in den Figuren 38 bis 42 A B der Hohlspiegel, O der strahlende Punkt, C der Spiegelmittelpunkt und F der Brennpunkt, so ergeben sich für den Hohlspiegel folgende Hauptfälle:

a) Der strahlende Punkt ist außerordentlich weit vom Hohlspiegel entfernt (Fig. 38), wie z. B. die Sonne: so treffen alle reflectirten Strahlen im Brennpunkte F zusammen, weil die einfallenden nahehin parallel sind.

b) Wenn der strahlende Punkt sich dem Spiegelmittelpunkte C nähert, so rückt auch der Vereinigungspunkt vom Brennpunkt gegen den Mittelpunkt, bis sie einmal in letzterem zusammentreffen; Fig. 39, und umgekehrt.

c) Ist der strahlende Punkt zwischen dem Mittelpunkte und dem Brennpunkte, so fällt der Vereinigungspunkt der reflectirten Strahlen außerhalb des Mittelpunktes in den Punkt a (Fig. 40.)

d) Ist der strahlende Punkt im Brennpunkte: so werden die Lichtstrahlen parallel zurückgeworfen und können sich gar nicht vereinigen. (Fig. 41.) Endlich

e) Der strahlende Punkt ist zwischen Spiegel und Brennpunkt: so werden die Lichtstrahlen so zurückgeworfen, als ob sie von dem Punkt a hinter dem Spiegel her kämen, und können sich also eben so wenig wie in d vereinigen. (Fig. 42.)

Das Bild erscheint bei a im Brennpunkte sehr klein; bei

b zwar größer als vorhin, aber immer noch verkleinert, und verkehrt, bei c fällt es außerhalb des Mittelpunktes vergrößert und verkehrt; bei d und e erscheint gar kein wirkliches Bild; die Bilder vor dem Hohlspiegel erscheinen frei in der Luft schwebend und können durch einen undurchsichtigen Gegenstand (z. B. weißes Papier, Leinwand ꝛc.) aufgefangen werden. Sie heißen Luftbilder oder physische Bilder. — Die Fälle d und e finden bei den Blenden in Laternen ꝛc. ihre Anwendung. Weil die Hohlspiegel in den meisten Fällen die reflectirten Lichtstrahlen in einem Punkte vereinigen, so heißen sie auch Sammelspiegel. Es ist jedoch noch zu bemerken, daß die Vereinigungspunkte aller von einer Lichtquelle kommenden Strahlen nicht ganz scharf in einem Punkte zusammentreffen; namentlich bewirken die von der Spiegelmitte entfernt auffallenden und reflectirten Strahlen die meiste Verwischung (sphärische Aberration), weshalb man nur sehr flache Kugelschalen im Verhältnis zum Kugelhalbmeßer anwenden darf. Es gibt zwar auch andere Hohlspiegel, welche nicht kugelförmig sind, doch laßen sich die kugelförmigen am einfachsten und genauesten herstellen.

C. Die erhabenen Spiegel können die Lichtstrahlen nie vor dem Spiegel sammeln, sondern werfen sie in allen Fällen auseinandergehend zurück. Sie heißen deswegen auch Zerstreuungsspiegel. Polirte Thurmknöpfe glänzen deshalb nach allen Richtungen im Sonnenlicht.

Ist Fig. 43 C der Mittelpunkt der Kugel, von deren Oberfläche der Spiegel AB ein Theil ist, so nennt man auch hier den ausgezeichneten Punkt F, zwischen Spiegel und Kugelmittelpunkt den fingirten Brennpunkt. — Das Bild erscheint immer hinter dem Spiegel, zwischen dem Kugelmittelpunkt und dem fingirten Brennpunkt, verkleinert und aufrecht. Diese Spiegel verzerren das Bild um so mehr, je näher der Gegenstand und je mehr gewölbt der Spiegel ist. Bemerkenswerth wegen ihrer symmetrischen Gestalt sind auch die Lichtfiguren, welche in cylindrischen Spiegelflächen, z. B. einem auf weißem Papier liegenden Fingerring u. s. w. die von einer oder

zwei Lichtquellen eingefallenen und aufs Papier reflectirten Strahlen bilden.

In cylindrischen, kegelförmigen ꝛc. Spiegeln ist übrigens jedes Bild sehr in die Länge oder Breite gezogen, je nachdem der Gegenstand eine Stellung gegen den Spiegel hat. Verzerrt gezeichnete Bilder, welche durch solche Spiegel in ihren richtigen Maßen und Verhältnissen erscheinen, heißt man katoptrische Anamorphosen.

Schon bevor die Sonne aufgegangen und noch kurz nachdem sie untergegangen ist, d. h. wenn sie höchstens 18^0 unter dem Horizonte steht, beleuchtet sie die höheren Luft- und Wolkenschichten, welche einen Theil des erhaltenen Lichtes gegen die Erde zurückwerfen. Wäre dies nicht, und wäre namentlich die Sonnenscheibe nur ein Punkt, so ginge die Finsternis der Nacht plötzlich in die Tageshelle über, und umgekehrt. Durch diese Zurückwerfung des Sonnenlichtes von höheren Luftschichten entsteht die Morgen- und Abenddämmerung, deren Dauer von der geographischen Lage des Orts und dem Stande der Sonne abhängt. Am Aequator betragen beide zwischen 72 und 79 Minuten; in Stockholm schließen sich im Sommer Abend- und Morgendämmerung an einander, und es bleiben die Nächte zu dieser Zeit völlig hell; in Tornea geht im Juni die Sonne gar nicht unter, unter den Polen wird die fast halbjährige Winternacht durch eine Abenddämmerung von beinahe 2 Monaten und eine eben so lange Morgendämmerung abgekürzt. Bei uns beträgt jede von beiden zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen 38, im Juni und Juli 53 Minuten.

§. 75. Brechung des Lichtes (Dioptrik).

A. Im Allgemeinen.

Wenn man einen Stab schief ins Waßer hält, so daß noch ein Theil desselben außer dem Waßer ist, so erscheint er uns an der Waßeroberfläche abgebrochen. Wenn man eine Münze ꝛc. in eine Schüßel legt, sich so stellt, daß der Rand der Schüßel gerade die Münze verdeckt, und hierauf langsam

Waßer in die Schüßel gießen läßt, so wird uns die Münze sichtbar, ohne daß unsere Stellung oder die Lage der Münze sich verändert hat. In ähnlicher Weise kommt unserm Auge der Boden der Gewäßer nicht so tief vor, als er wirklich ist, und Gegenstände, die im Waßer sind, erscheinen uns nicht an der Stelle, an der sie sich wirklich befinden. Diese Erscheinungen laßen sich auf Folgendes zurückführen: Wenn ein Lichtstrahl von einem durchsichtigen Mittel in ein anderes übergeht, das mehr oder weniger Dichte hat, als jenes, so wird derselbe von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt, und zwar zum Einfallslothe (vergl. §. 74 und Fig. 37), wenn das zweite Mittel dichter; hingegen vom Einfallslothe, wenn das zweite Mittel weniger dicht ist. Fällt der Lichtstrahl aber senkrecht auf die Berührungsfläche beider Mittel, also mit dem Einfallslothe zusammen, so wird er gar nicht abgelenkt. Die Ablenkung, welche ein Lichtstrahl erfährt, wenn er von einem Mittel in ein anderes übergeht, heißt Brechung des Lichtstrahles. Wenn auch, dem Obigen zufolge, im Allgemeinen die dichteren Materien das Licht stärker brechen, als weniger dichte, so hängt doch das Brechungsvermögen noch von andern Umständen ab und ist namentlich bei den brennbaren Körpern am stärksten. Glas bricht das Licht stärker, als Waßer; Waßer stärker, als Luft; hingegen Terpentinöl, obgleich weniger dicht als Waßer, bricht das Licht doch stärker, als dieses; auch Diamant, Naphtha, Waßerstoffgas brechen das Licht stärker, als es nach dem Verhältnisse ihrer Dichte sein sollte. — Die Brechungskraft eines Mittels verändert sich aber mit seiner Zusammensetzung. Wenn die Luft viel Waßerdämpfe enthält, so erscheinen uns entfernte Gegenstände näher und klarer, und an den Meeresküsten erblickt man dann ferne Inseln ꝛc., welche man bei trockener Luft nicht mehr sieht, über den Horizont erhoben (Kimmung.) — Hat das Mittel, in dem ein gebrochener Lichtstrahl fortgeht, nicht überall gleiche Dichte, ist dieselbe vielmehr — wie bei der Atmosphäre — fortwährend anders: so erleidet auch der Strahl eine fortwährende Brechung und beschreibt eine, schwer zu bestimmende, krumme Linie, welche ihre hohle

Seite gegen die Erde kehrt. Daraus erklärt sich die astronomische Strahlenbrechung, durch welche uns Gestirne höher über dem Horizonte erscheinen, als sie wirklich stehen und die Sonne schon vor ihrem wahren Aufgange und noch nach ihrem wahren Untergange uns sichtbar ist, in Folge dessen der längste Tag bei uns um etwa 8 Minuten, in den Polargegenden aber um einen ganzen Monat verlängert wird. Es erklärt sich daraus ferner das Funkeln der Fixsterne: diese erscheinen uns wegen ihrer weiten Entfernung unter einem so kleinen Gesichtswinkel, daß sie eine andere Stelle am Himmel einzunehmen scheinen, sobald ihr Lichtstrahl unterwegs mehr oder weniger gebrochen wird; die Planeten hingegen erscheinen uns wegen ihrer größeren Nähe auch unter einem größeren Gesichtswinkel; eine so geringe Ablenkung des Lichtstrahles, wie sie bei ruhiger Luft erfolgt, ist daher kaum bemerkbar. Für die irdische Strahlenbrechung erklärt sich aus Obigem noch, warum uns ferne Gegenstände in zitternder Bewegung erscheinen, wenn zwischen uns und ihnen erhitzte Luft aufsteigt. — Wenn die Luft an der Oberfläche der Erde kalt, in der Höhe aber bedeutend wärmer ist, so ist die Strahlenbrechung besonders stark, und man sieht namentlich in den nördlichen Meeren über entfernten Gegenständen noch ein umgekehrtes schwächeres Bild derselben. Treffen nämlich die Lichtstrahlen von den Gegenständen sehr schief gegen die obere Luftschichte, so werden sie gegen unser Auge hin reflectirt, und unser Auge sieht das Bild in der Richtung des reflectirten Lichtstrahles. Die Fata Morgana bei Messina ist eine ähnliche Luftspiegelung.

B. Durch Linsengläser.

Geht ein Lichtstrahl aus der Luft durch eine Glastafel mit parallelen Flächen, so wird er bei seinem Ausgange eben so viel vom Einfallsloth gebrochen, als er bei seinem Eingange zum Einfallslothe gebrochen wurde; so daß der Strahl parallel zur ursprünglichen Richtung fortgeht, und das Auge, wenn die Glastafel nicht sehr dick ist, oder der Strahl sehr schief einfällt, kaum eine Brechung bemerkt.

Sind aber die Brechungsflächen nicht parallel, so erleidet der Lichtstrahl in einem stärker brechenden Mittel eine Zulenkung nach der dickern Seite des Körpers, so daß der Gegenstand dem Auge an einem ganz andern Orte und durch vielflächige Gläser betrachtet, auch vervielfältigt erscheint.

a. Gläser mit regelmäßig und gewöhnlich kugelförmig gekrümmten Oberflächen („Linsen") brechen die auffallenden Lichtstrahlen in jedem ihrer Punkte verschieden. Man unterscheidet Convex- und Concav-, oder erhabene und Hohllinsen. Die Convexlinsen sind entweder auf beiden Seiten erhaben (Fig. 44 a), biconvex; oder auf einer Seite eben, planconvex (b); oder auf einer Seite hohl, auf der andern erhaben concav-convex, Meniskus (c). Bei Letzteren ist natürlich die Convexität immer stärker als die Concavität. — Diese 3 Gattungen von Gläsern vereinigen die Lichtstrahlen hinter dem Glase und heißen daher auch Sammelgläser. Wendet man ein solches Glas gegen die Sonne und fängt das durchgehende Licht auf, so findet sich die Stelle der größten Vereinigung da, wo das kleinste Sonnenbild entsteht. Diese heißt Brennpunkt (Focus) und dessen Entfernung vom optischen Mittelpunkte des Glases — Brennweite. Die Brennweite ist für jede Seite einer Linsengattung nach dem Krümmungshalbmeßer verschieden.

1) Ist der strahlende Gegenstand vor dem vorderen Brennpunkt einer biconvexen Linse, so daß die Lichtstrahlen parallel oder zusammen gehend auffallen, so liegt der Vereinigungspunkt hinter der Linse, entweder im Hauptbrennpunkte, oder von ihm um so entfernter, je näher der Gegenstand dem Glase ist. Ist Fig. 45 f der vordere, F der hintere oder Hauptbrennpunkt der Linse AB, so werden die Strahlen von M und N nach m und n gebrochen, so daß m n das verkehrte und kleine Bild von M N ist. Nähert sich M N dem Glase, so entfernt und vergrößert sich das verkehrte Bild. Es wird mit dem Gegenstand von gleicher Größe, wenn der Gegenstand um die doppelte Hauptbrennweite vor der Linse liegt, und nähert sich der Gegenstand der Linse noch mehr, so wird das Bild immer größer. Ein solches

Bild läßt sich auf einer weißen Wand auffangen und ist in dem Rohre optischer Werkzeuge in der Luft schwebend sichtbar.

2) Ist der Gegenstand im vorderen Brennpunkte, so gehen die Strahlen nach der Brechung parallel fort, und es entsteht kein Bild.

3) Ist der Gegenstand M N (Fig. 47) zwischen dem vorderen Brennpunkte f und der Linse, so bleiben die Strahlen auch nach der Brechung auseinandergehend und scheinen aus L zu kommen; daher das Bild kleiner, aber aufrecht und entfernter auf derselben Seite des Glases liegt, als der Gegenstand.

b. Die Hohllinsen sind entweder biconcav (Fig. 48 a), oder planconcav (b), oder convexconcav (c). Sie zerstreuen die Lichtstrahlen so, daß sie immer von größerer Ferne zu kommen scheinen, und heißen deswegen Zerstreuungsgläser. Mag der Gegenstand daher vor der Hohllinse liegen, wo er wolle, so erblickt ein hinter der Linse befindliches gutes Auge jederzeit ein verkleinertes, aufrechtes Bild, und zwar auf der vorderen Seite der Linse. Die Linsengläser tragen auch den Mangel der sphärischen Aberration, wie die Spiegel (§. 74 B. Schluß), an sich.

C. Durch das Prisma.

Fallen Sonnenstrahlen durch eine kleine runde Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer auf eine den Strahlen normal gegenüberstehende weiße Wand: so erscheint auf dieser ein kleines, weißes, rundes Sonnenbild. Bringt man aber im Zimmer nahe an der Oeffnung ein Glasprisma so an, daß eine seiner Kanten horizontal unten liegt, so wird das Sonnenbild nicht allein nach Oben gerückt, sondern auch — wenn die Wand der Oeffnung nicht zu nahe ist (am besten 15—16′ entfernt) — in einen in die Länge gezogenen bunten Lichtstreifen — „Spectrum" — verwandelt, der von unten nach oben die Farben im Verhältnis der untenstehenden Hunderttheile zeigt:

roth,	orange,	gelb,	grün,	hellblau,	indigo,	violett.
12,	7,	13,	17,	17,	11,	23.

Es geht daraus hervor:

a) das weiße Sonnenlicht ist ein zusammengesetztes und wird durch Brechung in ein auseinandergehendes Bündel verschiedenfarbigen Lichtes zerlegt.

b) Die verschiedenfarbigen Strahlen werden durch das brechende Mittel nicht gleich viel von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt, haben also verschiedene Brechbarkeit. Diese ist bei den rothen Strahlen am geringsten, bei den violetten am stärksten.

Zu bemerken ist übrigens, daß die einzelnen Farbenstreifen weder durchaus gleich intensiv, noch von einander streng geschieden sind: sondern daß sie nach dem schon früher angeführten Gesetz des allmähligen Ueberganges, auch hier allmählig in einander übergehen. Deshalb werden auch von manchen Naturforschern nur drei Hauptfarben angenommen: roth, gelb, blau. — Fängt man das Farbenbild mit einem Sammelglase auf, so vereinigt es sich hinter demselben wieder zu weißem Lichte, welches sich aber jenseits des Vereinigungspunktes wieder zum früheren Farbenbilde (natürlich umgekehrt) ausbreitet. Die rothen Lichtstrahlen haben bei diesem Versuche die größte, die violetten die geringste Brennweite — eine Bestätigung des bei b Bemerkten. — Theilt man die eine Seite einer kreisrunden Scheibe in 7 Ausschnitte, die sich wie die oben angegebenen Größen der Farben des Spectrums verhalten, bemalt dieselben mit den entsprechenden Farben und dreht die Scheibe heftig um eine Axe, welche im Scheibenmittelpunkt, senkrecht auf ihr steht: so erscheint die Scheibe unserm Auge annähernd weiß. — Es folgt also auch hieraus:

c) das weiße Licht läßt sich aus den einfachen Farben des Spectrums wieder zusammensetzen.

Läßt man einzelne der einfachen Farben durch ein zweites Prisma gehen, so werden sie zwar aufs Neue gebrochen, aber nicht mehr in andere Farben zerlegt. — Läßt man je zwei der Farben des Spectrums durch ein Sammelglas gehen, während man alle übrigen nicht auf die Linse gelangen läßt: so gibt z. B. gelb und blau: grün; gelb und roth: orange.

Diese Farben unterscheiden sich von denen des Spectrums dadurch, daß sie sich durch ein Prisma wieder in ihre Bestandtheile zerlegen laßen. Man findet auf dem nämlichen Wege, daß jede Farbe des Spectrums durch die zwei zunächst ober und unter ihr liegenden Farben sich erzeugen läßt. Je nach Beschaffenheit der unteren Luftschichten zur Morgen- oder Abendzeit wird das Sonnenlicht gebrochen und so reflectirt, daß uns das Licht der Sonne bei ihrem Auf- oder Untergange roth und rothgelb (Morgen- und Abendröthe) erscheint.

Auch die Glaslinsen erzeugen Farbenzerstreuung; die Bilder der Gegenstände erscheinen dadurch, zumal am Rand der Gläser, mit mehr oder weniger gefärbten Säumen, was bei optischen Apparaten manchen Nachtheil hat. Dollond (1757) verfertigte daher zusammengesetzte Prismen und Linsen aus Crown- und Flintglas; ersteres ist gutes Kieselglas, welches im Fluß mit viel Bleioxyd gemischt, Flintglas gibt. Beide haben verschiedenes Brechungsvermögen, Crownglas schwaches, Flintglas starkes, und heben dadurch die Farbenzerstreuung nahezu auf, wenn die zwei zusammengehörigen Linsen die geeigneten Krümmungen haben. Man nennt solche Gläser achromatisch.

Die Körper um uns her sehen wir nur dadurch, daß sie Lichtstrahlen in unser Auge senden, und zwar werden die, welche nicht eigenes Licht haben, durch das Licht sichtbar, welches sie reflectiren. Ein Körper, welcher das Licht unverändert zurückwirft, wird im weißen Lichte weiß, im blauen blau ꝛc. erscheinen. Zerlegt aber ein Körper das Licht und wirft nur einen Theil desselben zurück, während er den andern verschluckt, so erscheint er uns in dem Lichte, welches er zurückwirft. Verschluckt ein Körper alles auffallende Licht, so erscheint er uns schwarz, wirft er die empfangenen Sonnenstrahlen alle zurück, weiß. Farbe ist daher nichts den Körpern Eigenes, sondern nur das zurückgeworfene Licht ist farbig. — Eben so wenig ist das Schillern der Farben den Körpern als solchen eigenthümlich, es hängt von der Beschaffenheit ihrer Oberfläche ab, um eine verschiedenartige Zurückwerfung des Lichtes zu bewir-

ken. Die Oberfläche der Perlmutter zeigt unter dem Vergrößerungsglase sehr deutliche Unebenheiten. Sie laßen sich weder durch Schleifen, noch durch Poliren entfernen, und tragen sich auf feines schwarzes Siegellack u. dgl. über, wenn man sie auf diesem abdrückt. Die fein gefurchten Oberflächen der Irisknöpfe ꝛc. bewirken auch ein Schillern, zum Theil in allen prismatischen Farben.

Wenn die Sonne nicht höher, als 40 bis 42° über dem Horizonte steht, und ihr gegenüber eine von der Sonne beleuchtete Regenwand ist: so entsteht ein Regenbogen. In Fig. 49 sei A ein Regentropfen in der Regenwand, so können wir uns denselben als stille stehend denken, weil seine Stelle in jedem Augenblicke von einem andern nachfallenden Tropfen eingenommen wird. Ist S a einer der Sonnenstrahlen, die A treffen, so wird derselbe in a zum Theil zurückgeworfen, zum Theil im Tropfen selbst nach b hin gebrochen; in b erleidet der Strahl wieder eine Zurückwerfung, so daß ein Theil desselben nach c gelangt, wo er abermals gebrochen und in seine Farben zerlegt wird. Die einzelnen prismatischen Farben können sich aber nicht in einerlei Richtung verbreiten, weil sie ungleiche Brechbarkeit besitzen; von dem obersten Waßertropfen A gelangen daher in das bei O befindliche Auge nur die am wenigsten abgelenkten rothen Strahlen, während die andern, mehr gebrochenen, farbigen Lichtstrahlen über dem Auge weggehen, also nicht gesehen werden. In allen andern Regentropfen geschieht aber die nämliche Brechung, es müßen deshalb in den tiefer schwebenden Tropfen die rothen ꝛc. Strahlen unter dem Auge weggehen, und z. B. von dem untersten Tropfen B des Regenbogens nur die violetten Strahlen ins Auge bei O gelangen. Zwischen A und B müßen aber aus den nämlichen Gründen sämmtliche zwischenliegende prismatischen Farben erscheinen. Da die Brechungswinkel in allen Tropfen der Regenwand die gleichen sind, so können auch nur diejenigen Tropfen, welche gleiche Lage gegen die Sonne und das Auge haben, die gleiche Erscheinung bieten. Da auf allen Punkten der Regentropfen Sonnenstrahlen einfallen, so werden in den

Tropfen C und D die in d eintretenden Strahlen nach e gebrochen, von da nach f, von f nach g reflectirt, und von g nach O gebrochen. Es ist aus dem Vorigen leicht zu erkennen, daß von C nur der violette, von D nur der rothe Theil der Lichtstrahlen in das Auge bei O gelangt; daß also dieser zweite Regenbogen, Nebenregenbogen genannt, die Farben in umgekehrter Ordnung zeigen muß; ferner, daß wegen öfterer Reflexion Licht verloren geht, also der Nebenregenbogen schwächere Farben haben muß. Er ist ungefähr 11° über dem Hauptregenbogen. — Wenn der Regenbogen sich nur theilweise bildet, heißt er Regengalle. Ist die Sonne nahe am Horizont, so wird der Regenbogen fast ein Halbkreis; wenn die Sonnenhöhe 42° beträgt, so findet der Hauptregenbogen nicht mehr statt, und man sieht von dem äußern nur einen Theil; und ist endlich die Sonnenhöhe 54° so verschwinden beide Regenbogen unter den Horizont.

Auch die farbigen Ringe um Sonne und Mond — Höfe genannt — beruhen auf der Brechung und Zurückwerfung des Lichtes. Sie erscheinen, wenn die Atmosphäre viele Dünste enthält, durch welche die Strahlen jener Himmelskörper zerlegt werden. — Ebenso sind Nebensonnen und Nebenmonde Erscheinungen der Zurückwerfung und Brechung der Lichtstrahlen in der Atmosphäre.

§. 76. Das Auge und die Brillen.

Der bewunderungswürdige Bau unseres Auges zeigt uns die vollkommenste Anwendung der Gesetze der Brechung des Lichtes. Die Hülle des Augapfels (Fig. 50) hat beinahe die Gestalt einer Kugel, und ist eine dicke Haut, welche vorne eine kleine durchsichtige Hervorragung, die durchsichtige Hornhaut, hat, während der hintere Theil die undurchsichtige Hornhaut heißt. An der Verwachsungsstelle der beiden Hornhäute sitzen zwei ringförmige Häute. Die erste ist die undurchsichtige Regenbogenhaut (Iris cc), welche dem Auge seine Farbe gibt. In der Mitte der Iris ist eine kleine kreisrunde Oeffnung von veränderlicher Größe, das Sehloch, oder die Pu-

pille d, durch welche die Lichtstrahlen in das Innere des Auges gelangen. Die zweite Haut hinter der Iris ist der Ciliarkranz (bb), welcher als Rahmen für die feste, durchsichtige Krystalllinse dient. Auf der innern Fläche der undurchsichtigen Hornhaut, liegt die dunkle Aderhaut und am Hintergrund des Auges breitet sich auf ihr der markige Theil des Sehnervens n in eine dünne weiße durchscheinende Haut, die Netzhaut aus. Der innere Raum des Auges wird durch den Ciliarkranz und die Krystalllinse in zwei Kammern getheilt; in der vordern ist die wäßerige Feuchtigkeit, in der hintern die Glasfeuchtigkeit. Die doppelt convexe, nach innen mehr als nach außen erhabene, feste und äußerst durchsichtige Krystalllinse, besteht aus Schichten von verschiedener Dichtigkeit, deren Brechungsvermögen vom Umfang nach dem Mittelpunkt zunimmt.

Die Augen der Menschen und der warmblütigen Thiere stimmen in diesen Merkmalen im Allgemeinen überein. Nimmt man nun das Auge eines frisch geschlachteten Ochsen, entblößt es von allem Fett rc. und schabt die undurchsichtige Hornhaut, bis sie durchscheinend wird, oder nimmt man ein Kaninchenauge, dessen Hornhaut rundherum durchsichtig ist, stellt dann einen hellerleuchteten Gegenstand vor das Auge, so erblickt man auf der Hinterfläche desselben ein kleines, scharf begrenztes, aber umgekehrtes Bild des Gegenstandes. In den verschiedenen durchsichtigen Bestandtheilen des Auges, wird also das Licht ebenso gebrochen, wie in den Linsengläsern. Durch genaue Versuche hat man gefunden, daß das Brechungsvermögen der wäßerigen Feuchtigkeit um 1, das der äußern Hülle der Krystallinse um 41, das der mittleren um 43, das des Centraltheils derselben um 63, und endlich das der Glasfeuchtigkeit um 3 Tausendtheile größer ist, als das Brechungsvermögen des reinen Waßers. Das Licht wird also durch die wäßerige Feuchtigkeit so gebrochen, daß die Divergenz schon geringer ist, und durch die abermalige Brechung in der Krystalllinse wird die Convergenz der Strahlen beim Uebergang in

die Glasfeuchtigkeit so hergestellt, daß auf der Netzhaut ein Bild entstehen kann.

Nur wenn das Bild des gesehenen Gegenstandes genau auf die Netzhaut fällt, entsteht ein deutliches Sehen. Ist die Krystallinse und die durchsichtige Hornhaut durch Vertrocknen der wäßerigen Feuchtigkeit zu flach, so werden die Lichtstrahlen zu wenig gebrochen, sie vereinigen sich daher erst hinter der Netzhaut. Man nennt diesen Fehler Weitsichtigkeit und hilft ihm durch convexe Brillengläser ab, welche die Strahlen sammeln, schon bevor sie ins Auge treten. Ist die Krystallinse und vordere Hornhaut zu erhaben, so erfolgt die Brechung zu früh, und das Bild fällt noch innerhalb des Augapfels vor die Netzhaut. Dieser Fehler ist die Kurzsichtigkeit, und man begegnet ihm durch concave Brillengläser, welche die Lichtstrahlen etwas zerstreuen. Wird die Netzhaut unempfindlich gegen Lichteindrücke, so entsteht der unheilbare, schwarze Stahr; verliert die Krystallinse ihre Durchsichtigkeit, so ist dies der graue Stahr, welcher mittelst Durchstechen der vordern Hornhaut, und Beseitigung der wäßerigen Feuchtigkeit, sowie der Krystallinse, sehr oft schon geheilt worden ist. Zum Ersatz jener Brechungsmaterien dient dann eine sehr convexe (Stahr-) Linse.

Anmerk. Daß der Eindruck der auf die Netzhaut erzeugten Bilder zu unserer Wahrnehmung durch Vermittlung des zum Nerven- und Gehirnsysteme gehörigen Sehnervs gelange, ist leicht einzusehen; aber das Wie? ist noch nicht erklärt. — Daß wir die Gegenstände in aufrechter Stellung sehen, obgleich ihr Bild auf unserer Netzhaut ein umgekehrtes ist; sowie daß wir mit zwei Augen doch nur einfach sehen, müßen wir der Gewohnheit zuschreiben, daß wir die beiden bestimmten Eindrücke in den correspondirenden Punkten der beiden Netzhäute auf dasselbe Object und seine Stellung beziehen. Durch einen leisen Druck auf ein Auge wird auch ein Gegenstand wirklich doppelt gesehen. — Die Brillen sind um 1300 n. Chr., angeblich von dem Mönch Alexander de Spina in Pisa erfunden worden.

Die Einwirkung eines Lichtstrahles auf unser Auge dauert immer einige Zeit fort ($^1/_{10}$ bis $^2/_3$ Secunden). Daher scheint ein bewegter Körper an mehreren Orten zugleich zu sein und

wir glauben einen glühenden Ring zu sehen, wenn eine glühende Kohle im Kreise geschwungen wird. Der Blitz erscheint uns durch seine schnelle Bewegung als Strahl. Zeichnet man auf eine Scheibe von Pappe auf die eine Seite einen Vogel, auf die andere ein der Größe desselben entsprechendes Vogelhaus, und dreht die Scheibe auf einer senkrechten Axe schnell herum, so glaubt man den Vogel im Vogelhaus zu sehen. Auch die stroboskopischen Scheiben finden in der Fortdauer des Lichteindrucks ihre Erklärung.

§. 77. Von einigen optischen Werkzeugen.

Die nur aus Linsen zusammengesetzten heißen dioptrische; die, welche aus Linsen und Spiegeln bestehen, katoptrische. Ein Converglas von kleiner Brennweite, mit entsprechender Faßung und einem Griffe versehen, gibt schon eine Loupe, das einfachste aller Vergrößerungsgläser. — Das zusammengesetzte Mikroskop (1590 von dem Brillenmacher Jansen in Holland erfunden) besteht gewöhnlich aus zwei erhabenen Linsen, deren eine von sehr kurzer Brennweite, dem zu betrachtenden Gegenstande zugewendet ist und Objectiv heißt, während man die Linse von großer Oeffnung, welche dem Auge zugewendet ist, Ocular nennt. Wird das Object etwas außerhalb der Brennweite des Objectivs gebracht, so entsteht durch dieses ein vergrößertes, umgekehrtes Bild des kleinen, nahen Gegenstandes, und dieses nicht ganz um die Brennweite des Oculars von letzterem entfernte Bild, wird durchs Ocular abermals vergrößert. Beide Gläser sind gewöhnlich in Röhren befestigt, welche sich in einander verschieben laßen. Zur stärkeren Beleuchtung des zu betrachtenden Gegenstandes erhält er durch einen unter ihm angebrachten Spiegel oder durch eine Glaslinse das nöthige Licht. Oft enthält das Mikroskop noch zwischen jenen beiden Linsen eine dritte, durch welche das Bild zwar etwas kleiner, aber deutlicher wird. Zusammengesetzte Mikroskope bewirken eine 100—1000fache Vergrößerung; Amici hat sogar 4000malige Vergrößerung erreicht, allein die Deut-

lichkeit der Bilder ist nur bis zu 600maliger Vergrößerung vollständig.

In den Fernrohren (1608 von dem Brillenmacher Lippershey zu Middelburg erfunden) wird durch ein großes erhabenes, meistens achromatisches, Objectivglas, oder durch einen Hohlspiegel das Bild des fernen Gegenstandes erzeugt und dieses durch das biconvexe Ocular wie mit einer Loupe, also vergrößert, aber verkehrt gesehen. Solche, höchstens 1200mal vergrößernde Fernrohre heißen astronomische. Das Galiläi'sche Fernrohr hat ein biconcaves Ocular, wodurch das Bild aufrecht erscheint. Operngucker. Die mit Objectivgläsern heißen schlechtweg Fernrohre, die mit Hohlspiegeln Teleskope. Das Erdfernrohr unterscheidet sich vom astronomischen dadurch, daß vor dem Ocular noch zwei biconvexe Linsen stecken, welche das Bild wieder in aufrechter Stellung erscheinen laßen. Um in den Mikroskopen und Fernrohren alles Licht zu beseitigen, welches störend einwirken würde, werden die Röhren innen schwarz gefärbt und mit Blendungen versehen, welche die Lichtstrahlen vom Rand des Oculars abhalten.

Beim Sonnenmikroskop (1738 von Lieberkühn erfunden) wird durch einen Spiegel das Sonnenlicht auf eine biconvexe Linse geworfen, in deren sehr stark beleuchtetem Hauptbrennpunkt der Gegenstand, und nahe hinter diesem der Brennpunkt einer zweiten biconvexen Linse liegt. Das mittelst einer entfernten Wand im verfinsterten Zimmer aufgefangene, sehr bedeutend vergrößerte, verkehrte Bild ist aber nicht mehr vollkommen deutlich.

Im Guckkasten betrachtet man die durch eine erhabene Linse vergrößerten Bilder solcher Gegenstände, welche ein gegenüberstehender, unter 45° geneigter Spiegel gibt. Das Kosmorama ist im Grunde nichts anderes, als eine Gruppe neben einander aufgestellter Guckkästen. Im Diorama und Panorama erscheinen die Gegenstände in natürlicher Größe; bei jenem ist das Gemälde kreisförmig um den Beschauer aufgestellt, bei diesem in einen Rahmen gefaßt und kann verschiedenartig beleuchtet werden.

In der camera obscura (dunkle Kammer) (Fig. 51) fällt das Licht entfernter Gegenstände gh auf den geneigten Spiegel ef und von diesem, oder auch direct, auf die erhabene Linse l, welche ein verkleinertes verkehrtes Bild ik auf die Wand des Kastens wirft, wo es nachgezeichnet werden kann. — Werden diese Bilder, wie in Fig. 52, durch den im Kasten befindlichen Spiegel nach oben auf eine zweite Converlinse reflectirt, auf welcher sich das Bild mit scharfem Umriß zeigt, so heißt diese Vorrichtung camera clara (helle Kammer).

Die Zauberlaterne (laterna magica) (Fig. 53) ist ein Kasten, welcher an seinem hintern Ende einen Hohlspiegel a, und im Brennpunkte desselben eine Lampe b enthält, welche mittelst des Spiegels parallele Lichtstrahlen auf die bemalte Glastafel cd nahe hinter den beiden erhabenen Linsen ll wirft. Auf einer gegenüberstehenden Wand eines verfinsterten Zimmers entsteht dann ein vergrößertes deutliches Bild von dem Gemälde. — Zur Darstellung der Nebelbilder bedient man sich zweier gleichen Zauberlaternen, welche so gestellt sind, daß ihre Bilder auf dieselbe Stelle eines Schirmes oder Vorhanges fallen und in welchen gewöhnlich zur Verstärkung der Erleuchtung die Lampe durch ein Stückchen Kalk ersetzt wird, der in einem Gasstrom von Sauerstoff und Waßerstoff zum Glühen gebracht wird und das hellste Licht gibt (Drümmond's Kalklicht). Bringt man nun in die erste Zauberlaterne eine bemalte Glasplatte und verstärkt die Beleuchtung derselben allmählig so erscheint dadurch das Bild des Gemäldes auf dem Schirm oder Vorhang, vor welchem die Zuschauer sitzen, in zunehmender Deutlichkeit und Farbenpracht. Während die Beleuchtung dieses Bildes sodann allmählig vermindert, die Beleuchtung der andern Laterne aber, in welche man ein zweites Gemälde eingesetzt hat, verstärkt wird, verschwindet das erste Bild nach und nach, und das zweite tritt aus dem ersten heraus, an dessen Stelle.

Ein kleines vierseitiges Prisma (Fig. 54) abcd ist der Hauptbestandtheil der zum Nachzeichnen naher Gegenstände von Wollaston 1809 erfundenen camera lucida. Dasselbe befindet

sich auf einem kleinen Gestelle und reflectirt die von einem Gegenstande xm ausgehenden horizontalen Lichtstrahlen xy, mn gegen das Auge e hin so, daß auf einem am Fuße des Gestelles liegenden Blatte Papier f das verkleinerte Bild nachgezeichnet werden kann.

§. 78. Wirkungen des Lichtes.

a. Physiologische. Das Licht ist es, unter dessen Einfluße Pflanzen und Thiere Kraft und Schönheit erlangen. Pflanzen, welche im Dunkeln aufwachsen, sind blaß, dünn, schmächtig, ihre Säfte sind wäßerig und fade. Alle Pflanzen strecken ihre Zweige und Blätter nach dem Lichte aus. Zwischen den Wendekreisen, wo die Sonnenstrahlen ihr Licht am kräftigsten spenden, sind auch Pflanzen und Thiere am mannigfaltigsten, kräftigsten, buntesten, größten, und gegen die Pole hin nehmen sie an Farbenfrische, Stärke, Kraft und Anzahl der Arten immer mehr ab. Die Tropen haben (nach Minding) 7mal so viel Geschlechter und 16mal so viel Gattungen von Säugethieren, als die Gegenden unter den Polarkreisen. Auf Spitzbergen hat man nur 80 wildwachsende Pflanzengattungen gefunden, in Jamaica und Madagascar 5000.

b. Chemische. Die Wirkungen des Lichtes auf die Körper äußern sich sehr verschieden, je nachdem sie organisch, lebend oder nicht, oder unorganischer Art sind. Blätter und andere grüne Theile lebender Pflanzen nehmen bei Tag aus der Atmosphäre Kohlensäure auf, welche sodann nebst dem Waßer unter Mitwirkung des Sonnenlichtes dergestalt zerlegt wird, daß Kohlen- und Waßerstoff in der Pflanze bleibt, der freigewordene Sauerstoff aber der Atmosphäre zurückgegeben, in der Nacht dagegen auch Kohlensäure von der Pflanze erzeugt wird. Das Sonnenlicht begünstigt wieder umgekehrt die Verbindung des atmosphärischen Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff und Waßerstoff abgelebter organischen Substanzen; darauf beruht sowohl das Bleichen der letzteren, sowie das Verbleichen organischer Pigmente, z. B. des Safflors, Brasilienholzes, Curcuma, Wau rc. Ein aus Kirsch- und Fliederblättern mit Spi-

ritus bereitete grüne Tinctur verliert im Sonnenlichte schon innerhalb 20 Minuten ihre grüne Farbe, während sie im Dunkeln dieselben lange behält. — Auch bei unorganischen Substanzen bewirkt das Sonnenlicht bald Zersetzungen, bald Verbindungen. Chlorgas und Waßerstoffgas, welche sich sonst ganz ruhig zu salzsaurem Gase vereinigen, thun das mit furchtbarer Explosion, wenn Sonnenstrahlen mitwirken. Phosphor, welcher sich unter Waßer befindet, geht durch die Einwirkung des Sonnenlichts in rothes Phosphoroxyd über. Wäßerige Salpetersäure gibt im Sonnenlichte einen Theil ihres Sauerstoffs ab und verwandelt sich in gelbe salpetrige Säure. Auch hat man gefunden, daß gewisse Erfolge nur durch gewisse Strahlen des farbigen Lichtes bewirkt werden. Im Allgemeinen läßt sich sagen, daß die weißen, blauen und violetten Strahlen von der größten Wirkung sind. Auf die chemische Wirkung des Lichts hat man schon seit 1814 die (Photographie) Verfertigung von Bildern gegründet, indem man die von einer Camera obscura entstandenen Bilder theils auf Papier, theils auf Silberoberflächen fixirte. Jene unvollkommene Methode wurde jedoch mehr oder weniger von der zweiten, besseren verdrängt. Beide haben, wie alle Erfindungen, im Lauf der Zeit wesentliche Verbeßerungen erfahren.

1. Lichtbilder auf organischen Stoffen nach neuester Methode. Eine filtrirte wäßerige Eiweißauflösung, oder ein naßes Blatt Papier, wird auf eine Glastafel gelegt und so getrocknet, daß eine glatte Oberfläche entsteht, welche man dann bis zur gelben Farbe jodirt. Hierauf legt man die Tafel in wäßeriges salpetersaures Silberoxyd, läßt sie abtropfen, bringt sie in die, neuerdings sehr verbeßerte, Camera obscura genau an die Bildstelle, nimmt sie nach 15—20 Secunden heraus und übergießt sie mit gesättigter Gallussäurelösung, bis ein Bild sichtbar wird. Wäscht man nun die Gallussäure ab, gießt etwas stärkeres wäßeriges salpetersaures Silberoxyd über die Platte, wäscht sie wieder, taucht sie in unterschwefligsaure Natronlösung, wäscht sie nochmals ab, und legt sie auf dunklen

Grund, so sieht man mittelst reflectirter Lichtstrahlen das richtige fixirte Bild mit Licht und Schatten.

2. Lichtbilder auf Silberflächen sind viel schärfer und werden durch kürzern Lichteindruck hervorgebracht, als die vorigen. Der Maler Daguerre trat 1838 mit seinem ganz sicheren Verfahren zuerst hervor. Gegenwärtig verfährt man so: Ein guter Silberspiegel auf ganz silberner oder versilberter Platte wird so lange über ein Porcellangefäß mit wäßerigem Chlorjod und Bromwaßer gelegt, bis sie durch die Dämpfe der nur einige Linien entfernten Flüßigkeit gelb und leicht röthlich geworden ist. Vor Licht geschützt bringt man sie nun in die Camera obscura, läßt das Bild kaum eine volle Secunde auf den gelben Silberspiegel fallen und setzt die Platte nun den Quecksilberdämpfen einer erwärmten amalgamirten Metallplatte aus, wodurch das Bild hervortritt. Mittelst Einlegen der Platte in heiße Kochsalzlösung und Waschen mit destillirtem Waßer beseitigt man das Jod u. s. w. Endlich überzieht man auch noch das Bild mit einem ganz feinen Goldniederschlag durch Einlegen der Platte in Goldchlorid, wodurch ein dunkler bräunlicher Ton zur Dämpfung des Spiegelglanzes und Natürlichkeit des Bildes einigermaßen erreicht wird. Diejenigen Stellen des Bildes, welche am meisten Licht erhielten, condensiren (verdichten) hiebei die Quecksilberdämpfe, in Form mikroskopischer Kügelchen, stärker, als die andern Stellen, wodurch die matten Licht- und glänzenden Schattenstellen entstehen. Da die Farben der in die Camera obscura einfallenden Lichtstrahlen in verschiedener Stärke (z. B. grüne und rothe sehr wenig) wirken, so erscheinen Bäume und die Gesichtsfarbe immer ziemlich dunkel, und es ist daraus erklärlich, warum diese Bilder bei dem Mangel an Farben viel von ihrer Natürlichkeit verlieren.

§. 79. Wesen des Lichtes.

Die Empfindung des Lichtes denkt man sich ganz mechanisch durch Schwingungen des unbekannten Aethers erzeugt, welche sich bis zur Netzhaut des Auges fortpflanzen. Der

Aether soll eine außerordentlich feine Flüßigkeit sein, welche die Weltkörper bis auf eine gewisse Entfernung umgibt, und sogar die Poren der Körper durchdringt. Der Aether wird als vollkommen elastisch gedacht und seine Theilchen durch abstoßende Kräfte so weit aus einander gehalten, daß dagegen ihre Ausdehnung verschwindet. Daher sind die Aethertheilchen der verschiedenartigsten Schwingungen fähig. Ein leuchtender Körper ist demnach ein solcher, der sich in hinreichend schnellen Schwingungen befindet, um den Aether in fortschreitende Oscillationen zu versetzen. Die Geschwindigkeit des Lichtes ist dann die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Aetherwellen. Durchsichtig wäre ein Körper dann, wenn er vermöge seiner materiellen Beschaffenheit geeignet ist, die Aetherschwingungen fortzupflanzen. Eine fußdicke Glastafel wäre demnach geeigneter, die Aetherwellen fortzupflanzen, als ein Bogen schwarzes Fließpapier mit seinen Löchern. — Der Rand des Kernschattens (vgl. §. 71) ist jederzeit noch einigermaßen beleuchtet, weil die Aetherwellen, wenn sie auf den Rand des schattenden Körpers treffen aufs Neue erschüttert werden und dadurch dahin gelangen, wohin sie in geradlinigem Fortgange nicht kämen. — Die Stärke des Lichts hängt von der Kraft ab, mit welcher die Aethertheilchen die Netzhaut treffen; da aber diese im Quadrat der Entfernung vom Mittelpunkte der Erschütterung abnimmt, so muß auch die Stärke des Lichtes, wie §. 71 gezeigt wurde, im nämlichen Verhältnisse abnehmen. — Wie beim Schalle der größeren Schwingungszahl ein höherer Ton entspricht, so laßen sich auch die Farben aus der Anzahl der Schwingungen der Aethertheilchen erklären, so daß die Schwingungszahl beim violetten Lichte am größten, beim rothen am kleinsten; hingegen — weil alle sich mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen — die Wellenlänge beim violetten Lichte am kleinsten, beim rothen am größten ist.

Diese Hypothese, Undulations- oder Vibrationstheorie genannt, ist von Descartes zuerst aufgestellt, von Huyghens, Euler, Fresnel, Fraunhofer, Herschel ꝛc. mathematisch begründet und ausgeführt worden, und die meisten Physiker bekennen sich gegenwärtig zu ihr, obwohl sie nur

die mechanische, nicht aber auch die chemische Wirkung des Lichtes zu erklären vermag. Daß die frühere Emissionstheorie Newton's unrichtig sei, ist klar, weil man sich da sowohl in der Sonne, als in jedem verbrennenden Körper gebundenen Lichtstoff denken müßte, welches jedenfalls mit den Erscheinungen der Interferenz unverträglich ist, wornach zwei Lichtstrahlen, wenn sie sich unter gewissen Umständen treffen, augenblicklich zu leuchten aufhören. Daß aber das Sehen und die chemische Wirkung des Lichtes nicht allein auf mechanische Vorgänge gegründet werden kann, ist ebenso klar, und es wird daher künftig noch näher zu untersuchen sein, was denn der hypothetische Aether eigentlich ist.

Neunter Abschnitt.

Der Magnetismus.

---

§. 80. Die einfachsten magnetischen Erscheinungen.

In der kleinasiatischen Stadt Magnesia fand man schon frühe graue Eisenerzstücke, Magneteisenstein, welche an der Oberfläche in etlichen ausgezeichneten Punkten die Eigenschaft besitzen, andere Stücke ihrer Art und auch gewöhnliches weiches Eisen und Stahl heftig anzuziehen, ja frei am Faden aufgehängt, sich so ziemlich nach derselben Weltgegend zu drehen. Solche Erzstücke heißen natürliche Magnete. Aehnliche magnetische Erscheinungen, wenn auch schwächer ausgesprochen, nahm man später auch an andern, ja fast an allen Körpern und namentlich auch bei chemischen Prozessen wahr. Die ausgezeichneten Punkte natürlicher oder künstlicher Magnete, an welchen die magnetischen Erscheinungen besonders bemerkbar wurden, hieß man Pole. Sie laßen sich sichtbar machen, wenn man einen Magnet in die Nähe von Eisenfeilspänen bringt: die Feilspäne kehren dann sogleich ihre Längenrichtung besonders dem Magnetpol zu, fallen aber eben so bald wieder um, wenn der Magnet entfernt wird. Sie springen ihm aber zu und hängen sich fest an ihn, wenn er sehr nahe gebracht oder gar mit Feilspä-

nen bedeckt wird. In den Nadelfabriken benützt man daher die künstlichen, gewöhnlich stabförmigen, geraden oder gebogenen Stahlmagnete, theils zur Sortirung der Nadeln, theils zur Abhaltung von feinen Eisenspänen aus den Augen der Arbeiter. Die magnetische Wirkung nimmt nach Coulomb's Versuchen nach dem Quadrat der Entfernung ab; ein Gesetz, das in der Natur oft gefunden wird. Bemerkenswerth aber ist, daß diese Wirkung sich noch auf Körper äußert, wenn auch zwischen ihnen und dem Magnet andere feste oder flüßige Körper sich befinden. Bei den künstlichen Magneten liegen gewöhnlich die beiden Pole je am Ende der Stäbe. Der eine derselben zeigt in unsern Gegenden, wenn sich der Magnet frei bewegen kann, ungefähr nach dem Nordpol, der andere nach dem Südpol der Erde. Jener heißt Nord-, dieser Südpol des Magnets. Nahe bei der Mitte zwischen beiden Magnetpolen liegt ein Punkt, wo keine Anziehung stattfindet; dieser heißt Indifferenzpunkt. Bringt man den Nordpol eines Magnets dem Südpol eines zweiten Magnets nahe, so ziehen sie sich an, während sich beide Süd- und beide Nordpole abstoßen würden. Man sagt daher: die ungleichnamigen Pole zweier Magnete ziehen einander an, die gleichnamigen stoßen einander ab. Mit Berücksichtigung dieses Gesetzes wird man demnach leicht erkennen und nicht vergeßen, daß der Nord- und Südpol der Erde ungleichnamig ist mit dem Nord- und Südpol eines beweglichen Magnets. Nennt man daher den Nordpol der Erde einen (+) Pol, so ist der dahin zielende Pol des beweglichen Magnets allemal ein (—) Pol. Wird ein langer, mit zwei magnetischen Polen und einem Indifferenzpunkt versehener Eisendraht in kleine Stücke zerschnitten, so erhält man, auch am Indifferenzpunkt, durchaus lauter kleine, obwohl schwächere Magnete, welche alle nach derselben Seite mit dem ursprünglichen Drahtmagnet gleichnamig polarisch sind.

§. 81. Darstellung der Magnete.

Die Erregung des Magnetismus kann durch 1) mechanische Gewalt, 2) magnetische Abstoßung, 3) magnetische An-

ziehung, 4) magnetische Abstoßung und Anziehung zugleich, 5) durch elektrische Schläge und Ströme, 6) durch Einwirkung des Lichtes und 7) mäßige Erhitzung geschehen.

1) Mechanische Werkzeuge aus unreinem Eisen oder Stahl, welche fortdauernd nach einer Seite gerieben, gestoßen, geschlagen oder gestrichen werden, erhalten magnetische Pole; ein Stab unreines Eisen erhält durch ein Paar auf sein Ende geführte Hammerschläge, an diesem Ende einen + Pol, am andern einen — Pol, welche Pole durch umgekehrtes Schlagen vernichtet, ja sogar umgekehrt werden können.

2) Legt man einen starken Magnet mit seinem + Pole nach Süden und setzt an diesen Pol in gleicher Richtung einen Stahlstab, so ist nach längerer Berührung der letztere zum bleibenden Magnet geworden und besitzt am freien Ende ebenfalls einen + Pol, offenbar durch Abstoßung hervorgerufen. Nimmt man statt des Stahlstabes einen Stab reinen Eisens, so stellt sich dieselbe Polarität her, allein der Stab ist nur ein unbeständiger Magnet, weil seine magnetische Polarität wieder verschwindet, sobald die Berührung aufgehoben wird. Wird jedoch in diesem Fall ein gar zu langer Stab genommen, so erhält man nicht nur ein Paar Pole, sondern gewöhnlich eine Reihe von Polen-Paaren längs des Stabes.

3) Bringt man den Stab dagegen an den nach Norden gerichteteten — Pol desselben Magnets, so entsteht durch Anziehung des freien + Pols an der Berührungsstelle des Stabs ein mit jenem gleichnamiger (+) Pol.

4) Durch magnetische Anziehung und Abstoßung entsteht ferner ein Magnet, wenn man im vorigen Fall an das freie Ende des Stabs noch einen dem ersten gleichen stabförmigen Magnet setzt, welcher gleichfalls mit dem + Pol nach Süden zeigt, und damit den Stab berührt; denn es wird dann das nach Süden zeigende Ende des Stabes ebenfalls ein + Pol. Wenn man den Stab aber auch nur ganz dicht neben einen mit dem + Pol nach Süden gerichteten Stabmagnet legt, ja wenn man selbst ohne alles Weitere bloß Stäbe unreinen Eisens längere Zeit nahezu im Meridian liegen läßt, so entstehen

aus gleichen Gründen Magnete. Es beruht endlich auf dem Punkt 4 auch die Erscheinung, daß man mittelst eines Magnets ein um so schwereres Stück Eisen aufheben kann, wenn dasselbe nicht auf einen Tisch u. s. w., sondern auf einen Ambos gelegt wird. Viel kräftigere Stahlstab-Magnete erhält man aber in noch kürzerer Zeit, wenn außer der Abstoßung und Anziehung noch durch Streichen gleichzeitig mechanische Gewalt ausgeübt wird. Man kennt mehrere Arten des Streichens: den einfachen, den Doppel-, den Kreis-Strich u. s. w. Wenn jedoch der erzeugende Magnet nicht geschwächt werden soll, so darf der zu magnetisirende Stahlstab nicht frisch ausgeglüht sein. Durch den einfachen Strich wird ein Magnet erzeugt, wenn man den liegenden Stahlstab mit dem + Pol eines senkrecht gehaltenen Stabmagnets von einem Ende an nur in einer Richtung und darüber hinaus, stark und oftmals, nicht zu schnell streicht, wodurch das Ende des Stabs, bei welchem man zu streichen anfieng, gleichfalls ein + Pol wird. Der Doppelstrich besteht darin, daß man auf die Mitte des liegenden Stahlstabs zwei Stabmagnete, den einen mit dem + den andern mit dem — Pol stellt und mit beiden auseinander gegen die Enden und wieder gegen die Mitte oftmals, aber nicht zu schnell, stark streicht, zuletzt aber die Magnetstäbe in der Mitte langsam abhebt. Dabei legt man gewöhnlich zur Vergrößerung der Wirkung den zu magnetisirenden Stahlstab an dem Ende, welches mit dem + Pol gestrichen wird, auf den + Pol eines dritten und an dem andern Ende, welches mit dem — Pol gestrichen wird, auf den — Pol eines vierten Stabmagnets, und erhält dann an jenem Ende einen —, an diesem Ende aber ein + Pol. Beim Kreisstrich legt man zwei Stahlstäbe zu einander parallel, verbindet sie an den Enden mit Eisenstäben zu einem Parallelogramm und bestreicht dieses fortdauernd nach einer und derselben Richtung mit zwei verticalen, durch ein Stückchen Holz getrennten Stabmagneten, deren ungleichnamige Pole auf dem Stab stehen, wobei die Pole wie beim einfachen Strich entstehen.

5) Daß die Leitungsdrähte elektrischer Batterien ebenfalls

Magnetismus äußern, hat zuerst Oersted gefunden. Von der Erzeugung der Magnete auf solchem Wege wird später die Rede sein. Durch elektrische Schläge auf Stahlplatten entstehen meistens mehrere magnetische Pole zugleich.

6) Stahlnadeln oder Magnete, von den mittelst einer Sammellinse concentrirten violetten Strahlen des Sonnenspectrums bestrichen, werden ebenfalls magnetisch oder in ihrer magnetischen Wirkung verstärkt.

7) Metallstäbe, am einen Ende erhitzt, erhalten am nicht erhitzten Ende einen + Pol; desgleichen werden Stäbe unreinen Eisens polarisch, welche nach dem Erhitzen rasch im Waßer abgekühlt wurden.

Außer den stabförmigen Magneten, Fig. 55, welche Magnetnadeln heißen, wenn sie sich auf einer Stahlspitze oder mittelst eines Brettchens frei auf dem Waßer bewegen und nach Norden richten können, und in dieser Gestalt das wesentlichste Stück eines Compasses, des letzten Wegweisers der Seefahrer und Markscheider bilden, hat man auch noch zu Versuchen über magnetische Zugkraft die sogenannten Hufeisen-Magnete (Fig. 56), welche im Grunde auch stabförmig, jedoch vor dem Magnetisiren nach Hufeisengestalt gebogen sind, beide Pole abwärts kehren und daselbst mit einem horizontal vorgesetzten Stück Eisen, dem Anker, versehen werden, um daran die Gewichte anhängen zu können. Der Anker, als unbeständiger Magnet, wirkt auch bei der Aufbewahrung solcher Magnete, durch Anziehung und Abstoßung vortheilhaft auf ihre Kraft; daher stabförmige Magnete am besten eben so aufbewahrt werden, wie sie beim Kreisstrich mit Eisen verbunden sind. Eine magnetische Batterie entsteht, wenn mehrere gleiche Hufeisenmagnete mit den gleichnamigen Polen auf einander gelegt und befestigt werden, deren Wirkung dann begreiflich größer als der einfachen Hufeisenmagnete ist. Die natürlichen Magnete bedürfen meistens noch einer Nachhilfe, um ihre Polarität entschiedener darzuthun. Man belegt sie nämlich an ihren Polen mit Eisenstäben, welche nach einer Seite vorstehen und dort die verstärkten Pole zeigen. Doch leisten die natürlichen

Magnete gewöhnlich nicht viel, weil sie meistens mehrere Pole gleichzeitig, also keine sehr stark ausgesprochene einfache Polarität, haben. Daß Magnete entweder zerstört werden oder sogar eine Umkehrung der Pole erlangen können, wenn man gerade die verkehrten Manipulationen ihrer Erzeugung mit ihnen vornimmt, ist einleuchtend. Dies bezieht sich auf die 5 ersten oben beschriebenen Erzeugungsarten.

Ueber die näheren Vorgänge und das Wesen des Magnetismus kennt man bis jetzt nur Muthmaßungen. Daß aber auch sehr kleine Körpertheile der magnetischen Polarität unterliegen, hat man an verschiedenen Krystallisations- und chemischen Erscheinungen wahrgenommen.

§. 82. Der Erdmagnetismns.

A. Eine frei schwebende Magnetnadel hat nicht an allen Orten der Erde gleiche Richtung. Denkt man sich auf der östlichen Halbkugel der Erde eine Linie gezogen, welche südlich von Neuholland beginnt, dieses Festland in fast nördlicher, etwas nach Westen geneigter Richtung durchschneidet, sich dann südlich von den Sunda-Inseln nach Westen wendet, Hinter- und Vorder-Indien in einem großen Bogen umschließt, den Aequator ungefähr beim 92 Meridian östlich von Ferro, sodann den Meerbusen von Cambay durchschneidet, sich nach Tibet, China fortsetzt, der Insel Formosa gegenüber das Festland wieder verläßt und nun nördlich durch das japanische Meer, das ochotskische Meer, durch das Innere von Sibirien, an den Aralsee geht und von da durch das nördliche Rußland und Lappland gehend im nördlichen Polarmeere sich endet: so zeigt an allen Orten, welche durch diese Linie verbunden werden, die Magnetnadel g e n a u nach Norden. Auf der westlichen Halbkugel liegen die Orte, welche die nämliche Erscheinung bieten unter einer Linie, welche, so weit sie jetzt bekannt ist, in 60° N. Br. und 282° L. beginnt und von da südöstlich durch die Hudsonsbai über Washington, fast in gleichbleibender Richtung durch den atlantischen Ocean, unter 332° L. durch den Aequator und die östlichste Spitze Südamerika's und in immer südöstlicher Richtung gegen das südliche Eismeer hin geht. — Man nennt diese beiden

krummen Linien, welche die erwähnten Erdpunkte vrebinden, Linien ohne Abweichung. An allen Orten, welche östlich von letzterer und westlich von ersterer Linie ohne Abweichung liegen, also in Europa, Afrika, im südwestlichen Asien, fast in ganz China, im atlantischen und im indischen Ocean, zeigt die freibewegliche Magnetnadel nicht rein nach Norden, sondern weicht nach Westen ab; die übrigen Orte der Erde, also der größte Theil von Amerika und den Inseln im großen Ocean, haben westliche Abweichung. Denn unter Abweichung oder Declination versteht man den Winkel, den die Richtung der Magnetnadel mit dem geographischen Meridian macht. Dieser Winkel ist 1) an verschiedenen Orten sehr verschieden; er beträgt gegenwärtig in Deutschland ungefähr 17°, in Petersburg 7°, in Moskau gegen 4°, in Jakuzk 6°, in Ochozk $2\frac{1}{3}$° westlich; in Nischnei Nowgorod $\frac{3}{4}$°, in Tomsk $8\frac{1}{2}$°, in Peter und Paul's Hafen 4°, in San Francisco 15°, in Rio Janeiro 2° östlich. Die Declination ist 2) an dem nämlichen Orte zu verschiedenen Zeiten verschieden: und zwar a) täglich: in Europa ist sie Morgens 7—8 Uhr am kleinsten, wächst sodann bis sie Mittags 1—2 Uhr am größten wird, und geht hierauf zurück, bis sie mit Einbruch der Nacht oder am folgenden Morgen wieder am kleinsten wird; b) nach den Jahreszeiten: sie ist vom October bis zum März geringer, als vom April bis in den September; im April ist sie am größten, im December am kleinsten; c) nach jährlicher Zu- oder Abnahme: in Paris war sie im Jahre 1580 $11\frac{1}{2}$° östlich, im Jahre 1663 ging die Linie ohne Abweichung über Paris, und von da an wurde die Declination daselbst westlich; im Jahre 1814 scheint sie mit 22° 34′ ihr Maximum erreicht zu haben, denn seit dem nimmt sie wieder ab. In gleicher Weise nimmt in Deutschland die Declination jährlich um 4 bis 5 Minuten ab. Außer diesen regelmäßigen „Variationen“ ist die Declination auch sehr häufigen unregelmäßigen Veränderungen unterworfen, welche nicht selten die ersteren an Größe übertreffen. Sie sind besonders häufig bei Erscheinung eines Nordlichts, und erstrecken sich dann auf Entfernungen, in denen das Nordlicht gar nicht mehr

wahrgenommen wird. Sie treten ferner bei Stürmen, Gewittern, Erdbeben und allen den Erscheinungen ein, welche mit einer Veränderung des atmosphärischen Gleichgewichts verbunden sind.

Um die Declination zu meßen, bedient man sich des **Declinatoriums**, einer Magnetnadel, an einem Coconfaden hängend, oder in einem Achathütchen auf einer freien Stahlspitze drehbar, in einem rechtwinkligen Glaskasten, von welchem zwei Wände in der Richtung des geographischen Meridians stehen; unter der Nadel ist eine Gradeintheilung, auf welcher der Winkel, den der magnetische Meridian (die Richtungslinie der Nadel) und der geographische Meridian mit einander machen, abgelesen werden kann (Fig. 57). Eine ähnliche Vorrichtung, statt der Gradeintheilung mit der Aufzeichnung der 32 Windstriche versehen, gibt den schon oben erwähnten **Compaß**, welcher in Europa seit Ende des 13. Jahrhunderts bekannt ist.

B. Eine in ihrem — vor der Magnetisirung bestimmten — Schwerpunkte aufgehängte Magnetnadel steht nur an verhältnismäßig wenigen Orten der Erde vollkommen wagrecht. Die Orte, wo letzteres der Fall ist, liegen unter einer mehrfach gebogenen Curve, in der Nähe des geographischen Aequators, und diese Linie heißt der magnetische Aequator. Dieser ist eben so veränderlich wie die unter A erwähnten Linien ohne Abweichung. Seine Durchschnittspunkte mit dem geographischen Aequator rücken gegenwärtig von Ost nach West fort. Die beiden Durchschnittspunkte des geographischen und magnetischen Aequators sind gegenwärtig ungefähr unter dem 3° und 170° der Länge. In ungefähr 60° L. erreicht der magnetische Aequator den äußersten Punkt seiner etwa 15° betragenden nördlichen Ausbiegung, unter 340° L. seine größte südliche Entfernung von 12°. Je weiter man von dem magnetischen Aequator sich entfernt, desto mehr senkt sich, nördlich von demselben, die nach Norden zeigende Spitze, — südlich von demselben, die nach Süden zeigende Spitze der Magnetnadel. Der Winkel, welchen in diesem Falle die Magnetnadel mit dem Horizonte macht, heißt die **Neigung** oder **Inclination**; das dazu ge-

hörige Werkzeug das Inclinatorium, welches dem Declinatorium ganz ähnlich ist; nur daß begreiflicher Weise die Fig. 57 dargestellte Gradeintheilung in einen senkrecht stehenden Ring eingetragen ist, innerhalb dessen die Magnetnadel spielt. Da die Inclination mit der Entfernung vom magnetischen Meridian zunimmt, so muß man zuletzt an zwei entgegengesetzte Punkte des Erdkörpers gelangen, an denen die frei hängende Magnetnadel senkrecht steht — magnetischer Nord- oder Südpol. James Roß hat, als er seinen Oheim, den Capitän John Roß, auf dessen Nordpolexpedition im Jahre 1831 begleitete, den magnetischen Nordpol in 280°54′ östl. Länge und 70°5′ N. B. aufgefunden; — den südlichen, bis jetzt noch nicht erreichten, hat Gauß als ungefähr unter 72°35′ S. B. und 150°30′ Länge von Greenwich berechnet. — Auch die Inclination ist beständigen Veränderungen unterworfen: z. B. in Berlin betrug sie 1806 69°53′, 1828 68°33′, 1846 67°43′. So ist die Neigung der Nadel in allen Theilen Europa's gegenwärtig im Abnehmen begriffen. Die Lage der magnetischen Pole scheint demnach veränderlich zu sein.

C. Eine die Inclination im Kleinen darstellende Erscheinung nimmt man wahr, wenn man eine kleine, horizontal an einem Faden schwebende Magnetnadel über die Mitte der beiden Pole eines größeren Stabmagnets hängt: die Nadel wird dort horizontal bleiben — wie im magnetischen Aequator. Je mehr sie aber gegen einen der Pole hin bewegt wird, desto mehr neigt sich das diesem Pole zugekehrte Ende der Nadel, bis diese zuletzt über dem Pole selbst senkrecht auf demselben steht — wie auf dem magnetischen Pole. Die Erde wirkt also auf einen Magnet, wie ein großer **natürlicher** Magnet und ihre magnetische Kraft heißt **Erdmagnetismus**. Diese Kraft ist nicht etwa im Innern der Erde auf einen kleinen Raum angehäuft; sie ist vielmehr die Gesammtwirkung der magnetischen Theile des Erdkörpers, und kann — nach genauen Berechnungen — in jedem Kubikmeter (= 40 1/4 bayerische Kubikfuß) des Erdkörpers der vereinigten Wirkung von acht einpfündigen Magnetstäben gleich gesetzt werden.

Obgleich also die Hauptursachen des Erdmagnetismus nicht außer der Erde liegen, so kann er doch wohl durch Einflüße von außen die kleineren Veränderungen erleiden, welche wir hauptsächlich bei der Declination in ihren täglichen und jährlichen Variationen bemerken. Dieser Einfluß muß namentlich der Wärme, der Elektricität und dem Licht zugestanden werden, da mit ihrer Zu- und Abnahme auch jene nahezu gleichen Schritt halten.

Der Wirkung des Erdmagnetismus, von welcher schon oben §. 81 einigemal die Rede war, ist es auch zuzuschreiben, daß aufrechtstehende Bäume, Stangen, Pfähle u. s. w. an ihrem obern und untern Ende die Magnetnadel verschieden afficiren, also schwach polarisch sind; daß eine verticale Eisenstange auf der nördlichen Erdhalbkugel am obern Ende wie ein + Pol, am untern Ende dagegen wie ein — Pol sich gegen eine Magnetnadel verhält, während dies auf der südlichen Erdhalbkugel gerade umgekehrt der Fall ist.

Zehnter Abschnitt.

Die Elektricität.

---

§. 83. Die einfachsten elektrischen Erscheinungen.

Schon im Alterthum bemerkte man, daß manche leichte Körper sich oft, sogar gegen das Gesetz der Schwere, zu einem mit Wolle oder Seide geriebenen Stück Bernstein (electron) hinbewegen und bald nachher wieder sich von ihm entfernen. Das Nämliche beobachtete man später auch an anderen Harzen, Siegellack, an Glas, Schwefel u. s. w. Diese eigenthümliche, scheinbar anziehende und abstoßende, Wirkung heißt Elektricität, und ein Körper, welcher sie äußert, elektrisch.

Turmalin und Topas werden durch heiße Asche, der Stan-

genschwefel schon durch die Handwärme, seidene Kleider durch die Körperwärme elektrisch. Katzen und oft auch Menschen geben, wenn ihre Haare gestrichen werden, knisternde und im Dunkeln leuchtende Funken von sich. Der Zitteraal und der Zitterrochen vertheidigen sich mittelst elektrischer Schläge.

§. 84. Leitung der Elektricität.

Wenn man an einem Ende eines Drahtes zwei Blättchen geschlagenen Goldes, oder zwei Hollundermarkstückchen 2c. an Seidenfäden, am andern Ende dagegen an Flachsfäden ebenfalls zwei solche Körperchen aufhängt, und dem Draht in der Mitte die geriebene Glasröhre nähert, so wird das erste Paar Blättchen sich kaum rühren, während das an leinenen Fäden hängende Paar sich von einander entfernt, sich abstößt. Der Draht und die leinenen Fäden leiten also die Elektricität fort, die seidenen Fäden nicht, oder doch sehr unmerklich. Metalle und Waßer sind vorzüglich Leiter der Elektricität; durch ihren Waßergehalt auch Nebel, Rauch, feuchte Luft, Pflanzen- und Thiersäfte, Holzkohlen, Salzauflösungen u. s. w. Solche Körper verbreiten die ihnen beigebrachte Elektricität augenblicklich über ihre ganze Oberfläche, und geben sie auch leicht an andere derartige Körper ab, wenn man sie mit solchen berührt. Die verglasten Oxyde, also das Glas, die Edelsteine, der Turmalin, der Bergkrystall; die Harze und Erdharze, Steinkohlen, Schwefel, Wachs, Seide, Wolle, Federn, Baumwolle, Haare, fette und ätherische Oele, trockene Luft u. s. w. heißen, wegen ihrer sehr geringen Leitungsfähigkeit für die Elektricität: Nichtleiter. Sie halten die Elektricität nur an der Stelle fest, wo sie ihnen mitgetheilt wurde, ohne sie auf ihre Oberfläche und Umgebung überfließen zu laßen. Sind sie aber auf ihrer ganzen Oberfläche elektrisch, so geben sie, wenn man sie mit einem Leiter berührt, nur an der berührten Stelle Elektricität ab. Sie können daher dazu dienen, in einem Leiter die Elektricität festzuhalten, indem sie ihn isoliren; sie heißen deswegen auch Isolatoren. — Wegen des überall in der Natur waltenden Gesetzes des allmähligen Ueberganges laßen sich alle Körper

in eine Reihe bringen, vom besten Leiter bis zum besten Isolator; denn auch Glas und Harz wird durch Erhitzen leitend, während dieses bei Marmor, Papier, Wachstuch, Federn, Knochen, getrocknetem Eiweiß und Leder durch Feuchtigkeit geschieht.

§. 85. Der elektrische Gegensatz.

Wenn man zwei isolirten Goldblättchen, Strohhalmen, Kork- oder Hollundermarkkügelchen die Elektricität der geriebenen Glasstange mittheilt, so stoßen sie sich ab, und sie entfernen sich begreiflich um so weiter von einander, je mehr durch Wiederholung jenes Verfahrens die Menge der Elektricität in ihnen angehäuft wird. Die nämliche Abstoßung erfolgt auch, wenn man eine geriebene Siegellack- oder Harz- oder Schwefelstange statt des Glasstabes benützt. Theilt man ferner dem einen von zwei solchen unelektrischen Goldblättchen die Elektricität der geriebenen Glasstange, dem andern aber die Elektricität der geriebenen Siegellackstange mit, so ziehen sie sich an, und wenn die Mengen der in beiden Blättchen angehäuften Elektricitäten entsprechend war, so zeigen sie nach der Berührung keinen elektrischen Zustand, wornach es scheint, als heben sich im letzten Falle die Elektricitäten beider Blättchen gegenseitig auf. Man nennt daher die Elektricität eines geriebenen Glasstabes positiv (+ E), die Elektricität der geriebenen Harzstange dagegen negativ (— E). Daraus ergeben sich die beiden Gesetze:

a) Gleichnamige Elektricitäten stoßen sich ab; ungleichnamige ziehen sich an.

b) Gleiche Mengen ungleichnamiger Elektricitäten binden sich gegenseitig und bewirken den unelektrischen Zustand.

Um zu erfahren, ob ein Körper elektrisch ist, oder nicht, bedient man sich des, bald aus Kork, Hollundermark, Strohhalmen, Flachsfäden, Goldblättchen u. s. w. bestehenden und darnach benannten Elektroskops. Es besteht (Fig. 58) am besten aus zwei an den beiden Enden eines Leinenfadens a b

befestigten Kügelchen d e von Hollundermark, welche neben einander mittelst eines Drahtes c so in einer Glasflasche aufgehängt sind, daß der Draht außen über den Pfropf hervorragt, während unten seitwärts von den Kügelchen ein Gradbogen d e angebracht ist, an welchem die Entfernung derselben relativ gemeßen werden kann. Berührt man nun den Drahtknopf c mit einem elektrischen Körper — z. B. mit dem Flanell, welcher zum Reiben einer Glasröhre diente, — so stoßen sich die Hollundermarkkügelchen auf eine gewisse Weite ab; bringt man aber hierauf die geriebene Glasröhre an den Knopf, so fallen die Kügelchen zusammen. Der am Glas geriebene Flanell hat also — E, während die geriebene Glasröhre + E besitzt. Hätte man aber statt des Flanelles irgend einen andern Körper genommen und hätten sich sodann die Kügelchen mittelst des Glasstabs noch weiter von einander entfernt, so wäre jener Körper mit dem geriebenen Glasstab gleichnamig (+) elektrisch gewesen.

§. 86. Elektricität durch Reibung.

Daß die Reibung eines der ältesten Erregungsmittel der Elektricität ist, wurde oben angeführt. Durch Berühren, Zusammendrücken und Reiben werden alle Körper, wenn auch manchmal sehr schwach, elektrisch. Eine Korkscheibe wird + elektrisch, wenn sie mit Caoutschouc, Bernstein, Steinkohle rc. zusammengedrückt wird; sie wird — elektrisch mit Flußspath, getrockneten Fellen u. s. w. Die Blättchen eines Glimmerkrystalls oder zusammengeklebte Papierblätter, schnell von einander gerißen, zeigen ungleichnamige Elektricitäten. Desgleichen werden gleich große verschiedenartige Metallplatten und sonstige Körper durch Berührung (+) elektrisch, und wenn sie durch isolirte Handhaben schnell von einander getrennt werden, zeigen sie ebenfalls ungleichnamige Elektricitäten. Ein seidenes Tuch wird schon durch bloßes Schwingen in der Luft negativelektrisch. Nach Cavallo wird durch gegenseitige Reibung von folgenden Körpern immer der vorangehende positiv, jeder der nachfolgenden negativ: Katzenfell, polirtes Glas, Wollenzeug,

Federn, Holz, Papier, Seide, Schellack, mattes Glas. Ebenso verhält es sich nach Becquerel mit folgenden Metallen: Antimon, Arsenik, Eisen, Zink, Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei, Platin, Wismuth. — Doch sind die dabei erzeugten Elektricitätsmengen nie groß. Um größere Mengen zu erhalten, bedient man sich der Elektrisirmaschine, welche im Lauf der Zeit eine sehr verbeßerte Einrichtung erhalten hat. Die Haupttheile der besten sind: 1) ein gläserner Körper (Kugel, Walze oder Scheibe), mittelst Kurbel um seine Axe drehbar; 2) das Reibzeug; 3) der isolirte Conductor, ein Leiter, zur Ansammlung der auf dem Glaskörper erregten Elektricität. Man unterscheidet nach der Form des Glaskörpers hauptsächlich Cylinder- und Scheibenmaschinen. Letztere ist in Fig. 59 abgebildet. Die geschliffene Glasscheibe (aa) läßt sich um ihre Axe (dd) mittelst des gläsernen Kurbelgriffs e drehen. Die Axe dd ruht mit einem Ende auf dem hölzernen Träger hh, und zu beiden Seiten der Glasscheibe auf gläsernen Füßen. Die Reibzeuge bb aus elastischem Lederpolster, mit einem Amalgam aus 1 Zinn, 1 Zink und 2 Quecksilber in Fett abgerieben, bestrichen, und zugleich mittelst einer Kette mit dem Erdboden leitend verbunden, werden durch Stahlfedern an die Glasscheibe gedrückt und befinden sich an beiden Enden des horizontalen Durchmeßers der Scheibe, durch isolirende Glassäulen getragen. Von jedem Reibzeug geht über die halbe obere und untere Scheibe ein Mantel von Wachstaffet, und am Ende jedes Mantels befinden sich die vom isolirten, messingnen, hohlen Conductor auslaufenden Sauger, welche mit einer gegen die Scheibe gekehrten Schneide versehen sind. Durch Umdrehen der Scheibe wird an ihr mittelst der Reibzeuge Elektricität erregt, und so lange die Reibzeuge durch ihre Ketten mit dem Erdboden in leitender Verbindung stehen, tritt die Electricität der Scheibe durch die Sauger ff mm an den Conductor C, wo sie angesammelt wird. Der Conductor ist mit dem nach allen Seiten beweglichen Ableiter g versehen, damit die Electricität aus ihm in verschiedenen Höhen und Richtungen fortgeleitet werden kann. Will man den Conductor mit negativer Elektricität laden, so

braucht man nur die Ketten am Reibzeug abzunehmen und dafür den Conductor und die Erde mit denselben in leitende Verbindung zu setzen. Beim Umdrehen der Scheibe wird dann ein dem Reibkissen nahe gebrachter Körper — E erhalten. An der Maschine müßen alle Ableitungen, so wie scharfe Kanten und Spitzen sorgfältig vermieden sein, weil durch sie die Elektricität ausströmen kann. Die Versuche gelingen am besten im Winter in geheizten Zimmern; alle Theile der Maschine müßen dabei trocken und frei von Staub sein. Welch großer Erfolg dem Amalgam und dem Oxygen der Luft zuzuschreiben sei, erkennt man daran, daß ohne das Amalgam, oder wenn es veraltet und stark oxydirt ist, die Wirkung der Maschine eben so gering ist, als wenn sie in einem mit Waßerstoffgas erfüllten Raum in Thätigkeit versetzt wird. In der Cylindermaschine vertritt die Glasscheibe ein hohler gläserner Cylinder. Als Erfinder der Elektrisirmaschine gilt Otto von Guerike (1676), welcher eine umgedrehte Schwefelkugel mit seiner eigenen daran gehaltenen Hand gerieben hat. Die größte Scheibenmaschine ist die von Kuthberson in Haarlem; sie hat zwei Scheiben von der Größe eines Wagenrades, 7 Reibzeuge, und der auf 5′ hohen Glasfüßen stehende Conductor hat 23½ Quadratfuß Oberfläche. Sie gibt Funken von 2′ Länge und der Dicke eines Federkiels.

Einige der belehrendsten Versuche mit der Elektrisirmaschine sind folgende:

a) Nähert man dem (+) „geladenen" Conductor die Hand, so hat man ein Gefühl, als ob man in ein Spinnengewebe griffe.

b) Berührt man den Conductor mit der Hand, oder mit einem Leiter, (welcher ein „Auslader", Fig. 60, heißt, wenn er eine isolirte Handhabe und scheerenartige Einrichtung besitzt): so fährt ein erschütternder Funke aus demselben; bei großen Maschinen geschieht dies schon bei bloßer Annäherung des Leiters.

c) Stellt sich eine Person auf einen Schemel mit Glasfüßen („Isolirschemel") und nimmt eine vom Conductor aus-

gehende metallne Kette in die Hand, während derselbe geladen wird, so strömt alle Elektricität, welche sich außerdem bloß im Conductor angesammelt haben würde, auf diese Person über, und wo man sie leitend berührt, dringen elektrische Funken aus ihr; diese Funken üben auf dieselbe ein stechendes Gefühl aus.

d) Stellt man erwärmten Weingeist, oder Schwefeläther, Phosphor, Harzstaub, Knallgas, in einem metallnen Gefäße in die Nähe des Conductors, ladet diesen und bewirkt nun die Entladung desselben auf jene Substanzen durch einen Leiter, so schlägt ein Funke in diese über und entzündet sie.

e) Stellt man auf den Conductor eine Metallplatte, legt darauf kleine leichte Körper (Figuren von Papier oder Sand ꝛc.) und hält eine andere Metallplatte in einiger Entfernung darüber, während die Maschine im Gange ist, so bewegen sich diese Körperchen zwischen beiden Platten mannigfaltig hin und her.

f) Läßt man vom Conductor elektrische Funken durch eine an beiden Enden mit messingnen Kapseln verschloßene, innen mit gegenüberstehenden Spitzen versehene Glasröhre schlagen, welche luftleer gemacht, und deren eines Ende mit der Erde in leitende Verbindung gebracht wurde, so erhellt sich im Dunkeln der ganze innere Raum derselben bei jedem Funken mit herrlichem violetten Lichte, welches um so mehr ins Gelbe und Rothe spielt, je größer oder erhitzter die Röhre ist. Das isolirte Reibzeug und der Conductor leuchten auch schwach im Dunkeln ꝛc., weil sich dieselben langsam durch die Luft entladen.

g) Ein Blättchen geschlagenen Goldes, zur Abhaltung der Luft, zwischen zwei Glastafeln verkittet, und nur an zwei Enden hervorragend, verbrennt sogleich mit grünem Licht, zu Goldoxydul, wenn der Conductor durch das Blättchen gehörig entladen wird. Desgleichen verbrennt ein in Hydrogengas eingeschlossener dünner Eisendraht mit glänzender Lichterscheinung zu Eisenoxydul, wenn eine starke Entladung durch denselben erfolgt. Die Bildung von Oxyden ist in diesen Fällen sehr wichtig für das Wesen der Elektricität, weil das Oxygen nicht von der atmosphärischen Luft genommen werden konnte.

h) Setzt man zwei sehr feine, in gläserne Haarröhrchen eingeschmolzene Platindrähte mit dem Conductor und dem Reibzeug in Verbindung, und leitet die entgegengesetzten Drahtenden, nur wenig von einander abstehend, in ein mit Waßer gefülltes Glasrohr: so scheidet sich an dem Drahte, der mit dem positiv-elektrischen Körper in Verbindung steht, Sauerstoff, am andern Waßerstoff aus.

§. 87. Elektricität durch Vertheilung.

A. Wenn man an einem isolirten Cylinder von Messing (Fig. 61), dessen Enden abgerundet sind, in gleichen Abständen mehrere Korkkugel-Elektroskope aufhängt und ihn einem geladenen Conductor nähert, so werden die Kügelchen-Paare, welche von der Mitte herabhängen, fast gar nicht, die äußersten am weitesten von einander abgestoßen. Durch das Elektroskop ist leicht zu erkennen, daß das dem Conductor abgewendete Ende des Cylinders mit dem Conductor gleichnamige, das zugewendete ungleichnamige Elektricität hat. Wird der Cylinder vom Conductor entfernt und nicht berührt, so findet sich, daß der letztere keine Elektricität verloren, der erste aber in den unelektrischen Zustand zurückgekehrt ist. Dem Cylinder wurde folglich vom Conductor keine Elektricität mitgetheilt, sondern sie ist nur in ihm durch letztern erregt worden. Wenn man aber den Cylinder an seinem vom Conductor abgewendeten Ende ableitend berührt und ihn nun vom geladenen Conductor entfernt, so zeigen Cylinder und Conductor ungleichnamige elektrische Zustände. Würde man eine Reihe von solchen Cylindern hinter einander stellen, so würde in jedem die nämliche Vertheilung durch den vorhergehenden erfolgen, wenn der erste in die Nähe eines elektrischen Körpers kommt. Diesen so erregten elektrischen Zustand nennt man einen influirten, und die Einwirkungen des elektrischen influirenden Körpers auf den andern die Influenz oder Vertheilung. In den sogenannten Halbleitern kann sie einige Zeit lang dauernd sein: ein 3—4″ langes Stäbchen von Schwefel-Antimon, am einen Ende mit der Hand gefaßt, mit dem entgegengesetzten Ende dem geladenen

Conductor genähert, wird einige Zeit lang polarisch-elektrisch, und jedes Stäbchen, welches man davon abbricht, zeigt zwei elektrische Pole.

B. Weil die Isolatoren im Zustand der Vertheilung gerne beharren, so hat man darauf die Erklärung der Wirkung eines elektrischen Apparats, „Elektrophor" genannt, zu gründen versucht. Dieser besteht aus einer metallnen oder doch mit metallischem Ueberzug versehenen Form, welche mit dem Erdboden in leitender Verbindung steht und mit geschmolzenem Harz, dem Kuchen, ausgegoßen oder mindestens mit 6 Bogen zusammengepreßtem erwärmtem Druckpapier belegt wird. Von etwas geringerem Durchmeßer, als der Kuchen, ist der zugehörige metallne Deckel, welcher entweder mittelst Glashandhabe, oder seidener Hängschnüre isolirt wird. In Wirksamkeit kommt dieser Apparat, wenn der Deckel abgehoben, der Harzkuchen mit einem Fuchsbalg gepeitscht, sodann der Deckel wieder aufgesetzt, die Form fortwährend, der Deckel aber nur augenblicklich, mit der Erde in leitender Verbindung erhalten wird; denn man erhält nun vom oftmals abgehobenen Deckel elektrische Funken, was jedoch nicht geschieht, wenn der Deckel zuvor unberührt blieb. Zur Erklärung dieses unsichtbaren Vorganges hat man sich vorgestellt, daß die — E des gepeitschten Kuchens die Elektricität im aufgelegten Deckel vertheile, seine erregte — E abstoße, und durch die leitende Erdverbindung entweichen laße, daher der abgehobene Deckel + elektrische Funken gebe.

C. Ein anderes sehr wirksames elektrisches Werkzeug erhält man aus einem ebenen — beßer aus einem cylindrischen, mit einem Boden versehenen Glase — wenn es bis auf ²/₃ seiner Höhe auf beiden Seiten mit dünn geschlagenem Zinn (Stanniol) glatt und zusammenhängend belegt, und auf der innern Seite mit einem Metalldraht verbunden wird, welcher am Ende einen Knopf trägt, womit er über das Gefäß hervorragt. Man nennt diese Einrichtung: elektrische Ladungsflasche, auch Kleist'sche oder Leydner Flasche. Faßt man dieselbe mit der Hand an der äußeren Belegung, wodurch diese mittelst

des menschlichen Körpers in leitende Verbindung mit der Erde gebracht ist, und hält ihren Knopf gegen den geladenen Conductor einer thätigen Elektrisirmaschine, oder gegen den geladenen Deckel eines Elektrophors, so schlagen elektrische Funken in sie über und laden sie. Die Innenseite der Flasche zeigt + E, die Außenseite — E, und man hat sich auch hiebei vorgestellt, daß die Vertheilung der Elektricität Ursache bei diesem Vorgang sei. Weil aber von der Flasche sehr viele Funken aufgenommen werden können, so muß begreiflich die Wirkung der Flasche nicht unbedeutend sein, wenn man ihre beiden Belege mittelst beider Hände berührt und entladet. Wird die Flasche isolirt, so ladet sie sich nicht; gibt aber, am äußern Beleg an einen genäherten Leiter so oft einen Funken ab, als ein solcher aus dem Conductor auf den Knopf überspringt. Die Entladung kann auch auf einem bedeutenden Umwege geschehen, z. B. durch eine ganze Reihe von Menschen, welche sich gegenseitig die Hände reichen, von welchen nur der erste den Knopf der Flasche, der letzte den äußern Beleg, zu berühren braucht. Von der mechanischen Wirksamkeit der Elektricität erhält man einen Begriff, wenn man mittelst des einen Ausladerknopfes den äußeren Beleg der Flasche berührt, zwischen den andern Knopf des Ausladers und den Knopf der Flasche aber eine Glastafel, oder ein Kartenblatt, oder einen mit Siegellack überzogenen Draht bringt. Das Glas wird da, wo der Funken durchschlug, pulverig herausgeworfen; das Kartenblatt erhält auf beiden Seiten einen faserigen Wulst, weil gasförmige Feuchtigkeit und zersetzte Theile eine nach allen Seiten gerichtete kleine Explosion verursachen; das Siegellack endlich wird in Stücken abgeworfen, wenn die Entladung hinlänglich stark war.

D. Die Stärke der Ladung einer Flasche, also auch die Größe der elektrischen Schläge, hängt von der Oberfläche der Metallbelegung und der Glasdicke ab, sie hat daher ihre Gränze. Will man größere Wirkungen hervorbringen, als sie mit einer Flasche möglich sind, so verbindet man von mehreren Flaschen die innern Belege und ebenso die äußern unter sich,

mittelst elektrischer Leiter, — und erhält dann eine **elektrische Batterie**, welche geladen und entladen wird, wenn man nur mit einer ihrer Flaschen, wie oben erwähnt, verfährt. Je dünner das Glas ist, desto stärker wird die Ladung, aber desto größer ist auch die Gefahr des Zerspringens. Die größte elektrische Batterie ist zu Haarlem. Sie besteht aus 100 Flaschen, welche im Ganzen 550 Quadratfuß Beleg haben. 25 Zoll Eisendraht Nr. 1, 100 Fuß Eisendraht Nr. 16 werden durch einen Funken aus dieser Batterie geschmolzen und in glühenden Kügelchen umhergeschleudert.

Anmerk. Elektrische Schläge von nicht besonderer Stärke bringen schon auf den thierischen Organismus sehr unangenehme, oft kaum erträgliche Erschütterungen hervor und können bei schwachen Organismen der Gesundheit nachtheilig sein, ja den Tod herbeiführen; während gelinde elektrische Ströme und Erschütterungen sehr wohlthätig wirken, wenn sie mit **Vorsicht** angewendet werden.

E. Aus gleichzeitig gemachten astronomischen und elektrotelegraphischen Beobachtungen hat man zu berechnen versucht, daß die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Elektricität im kupfernen Leitungsdraht fortpflanzt, nahe um die Hälfte größer sei, als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts im Weltraum. Diese subtilen Versuche der neuesten Zeit bedürfen übrigens noch wiederholter Bestätigung; denn andere Beobachter haben bis jetzt nur viel kleinere Resultate finden können.

§. 88. Atmosphärische Elektricität.

A. Genaue Beobachtungen haben gezeigt:

a) Die heitere Luft besitzt am Tage + E, die Erde — E, während bei Nacht das Umgekehrte stattfindet.

b) Höhere Luftschichten haben + E, niedrigere — E (am Aequator ist dies jedoch weniger merklich).

c) Bei Gewittern, Regen, Schneegestöber haben Luft und Erde wechselnde elektrische Zustände.

d) Die Luftelektricität ist bei ruhigem heiteren Wetter, Abends immer am stärksten; im Sommer stärker, als im Winter.

B. Von der Elektricität der Gewitterwolken überzeugte sich Franklin (1750), indem er einen papiernen Drachen mit eiserner Spitze zur Zeit eines Gewitters steigen ließ und an das untere Ende der feuchten — also ziemlich gut leitenden — Schnur einen Schlüßel band: es gelang ihm, aus diesem eben solche Funken zu ziehen, wie aus dem Conductor einer Elektrisirmaschine. — Die Blitze sind ohne Zweifel große elektrische Schläge, durch welche sich stärker geladene Luftschichten oder Wolken auf andere Gegenstände entladen. Beim Wetterleuchten dagegen scheinen die, zunächst durch Fäulnis entstandenen, Kohlen- und Waßerstoffgase in höheren Regionen durch schwache elektrische Funken entzündet zu werden. Der Donner endlich scheint dadurch zu entstehen, daß die vom Blitz getrennte Luft zusammenfällt, und daß die mit Luft im gehörigen Verhältnis gemischten Kohlen- und Waßerstoffgase höherer Luftschichten bei ihrer Entzündung detoniren. Der Blitz macht oft meilenlangen Weg, und da der Schall bei seiner geringen Fortpflanzungsgeschwindigkeit von entfernteren Punkten viel später in unser Ohr gelangt, als der von näheren: so ist hierin, — so wie in dem von Wolkenwänden, Bergen ꝛc. erzeugten Echo, — die Hauptursache von dem Rollen des Donners zu suchen. Da die Wolken die Elektricität schlecht leiten, so entladen sie sich nie vollständig; sammelt sich nun an ihrer Oberfläche wieder neue Elektricität, so gibt dies zu neuen Entladungen Anlaß. Die Wirkung zweier elektrischen Wolken aufeinander scheint übrigens auch die nämliche zu sein, als sie zwischen einer gehörig entfernten elektrischen Wolke und der Erde oder dem Waßer ist, wie die noch nicht genügend erklärten Tromben und Waßerhoßen (vergl. §. 71) schließen laßen, da sie gewöhnlich von Blitz, Regen, Hagel u. s. w. begleitet sind.

Der Blitz trifft gewöhnlich erhabene Gegenstände und folgt dabei den Körpern, welche ihn gut leiten. Schlechte Leiter werden von ihm durchbohrt, zertrümmert, zersplittert, zerstäubt und auch entzündet; gute Leiter — wenn sie zu starken Widerstand leisten — werden erwärmt, glühend gemacht, geschmolzen, oder doch zerrißen. Sand wird durch den Blitz zu-

weilen zu Röhren von 20′ Länge geschmolzen (Blitzröhren), die übrigens äußerst zerbrechlich sind.

C. Auf Franklin's Vorschlag (1751) schützt man Gebäude und andere hohe Gegenstände gegen die Wirkungen des Blitzes durch den Blitzableiter. Dieser besteht aus einer starken, eisernen, verticalen Stange mit einer Spitze aus vergoldetem Kupfer. Diese Stange wird auf die Dachsparren gesetzt, und an ihrem Fuß wird entweder ein Eisenstab von ¹/₄ Quadratzoll Querschnitt, oder ein Kupferdraht von ¹/₂₄ Quadratzoll Querschnitt (Kupfer leitet 6mal beßer, als Eisen), oder ein Seil von dünnem Messingdraht ganz dicht und metallisch berührend befestigt. Dieser Leiter darf nirgends eine Unterbrechung in seiner metallischen Berührung haben und wird an der Außenseite des Gebäudes, durch Mauerstifte gehalten, unter die Oberfläche der Erde bis auf feuchten Grund herabgeführt, sodann aber in wagrechte Richtung gebogen. Ist der Leiter von Eisen, so muß man ihn durch Betheeren vor Rost bewahren. Die angegebenen Querschnitte des Leiters reichen nach den bisherigen Erfahrungen auch für die höchsten Gebäude hin. Ein Blitzableiter schützt alle Gegenstände in seiner Umgebung, die nicht weiter entfernt sind, als das doppelte seiner Höhe über ihnen beträgt.

Vorsichtsmaßregeln bei Gewittern: Vermeide alle hohen Gegenstände (Bäume, Thürme rc.), alle Leiter (zu diesen gehört auch der Ruß und Rauch der Kamine), Erhitzung des Körpers, — mit Rauch, Dampf und Zugluft behaftete Orte. — Nutzen des Gewitters: Reinigung der Luft, Erfrischung und Belebung aller organischen Geschöpfe.

D. Das Nord- und Süd-, oder Polar-Licht gehört wahrscheinlich auch zu den elektrischen Erscheinungen der Atmosphäre. Ehe es sichtbar wird, bemerkt man am nördlichen (und südlichen) Himmel bald nach Untergang der Sonne einen undeutlichen Schimmer. Es erheben sich breite und unregelmäßige Feuerstrahlen in mannigfaltiger Abwechslung über den Horizont. Hierauf erblickt man gewaltige zitternde Feuersäulen und Garben, welche langsam — aber mit veränderlicher

Geschwindigkeit und stetem Wechsel ihrer Farben — zu bedeutender Höhe emporsteigen. Zuletzt bildet sich am Zenith eine Art Feuerkrone, die aus der Vereinigung der dort zusammentreffenden Strahlen entsteht und gleichsam den Knopf eines aus Lichtstrahlen zusammengesetzten Zeltes bildet. Diese Erscheinung wiederholt sich öfter, bis sie sich endlich ganz abschwächt und in dem Morgenhimmel verliert.

Bei Erscheinung eines Nordlichts nimmt man auch in sehr entfernten Gegenden bedeutende Unruhe und Schwankungen der Magnetnadel wahr. Das Nordlicht wird am häufigsten in solchen Gegenden gesehen, welche die wenigsten Gewitter haben, und da der Erdmagnetismus vor dem Beginn desselben am stärksten ist, sofort aber immer abnimmt und unter die gewöhnliche Stärke sinkt, so berechtigen diese Umstände wohl zu der Annahme, daß das Nordlicht eine elektrische, wenn auch noch nicht völlig erklärte, Erscheinung sei. Daß auch die Entstehung des Hagels mit elektrischen Vorgängen der Atmosphäre zusammenhänge, ist schon §. 70 angedeutet worden.

§. 89. Andere Quellen der Elektricität.

Oben in §. 86 ist die Rede gewesen von elektrischen Zuständen, welche sich durch Reiben, Berühren, Drücken kundgeben. Daß die Oxydation ebenfalls eine wichtige Elektricitäts-Quelle sei, läßt sich an dem mit Amalgam bestrichenen Reibkissen der neuern Elektrisirmaschinen erkennen. Außer der im vorigen §. erwähnten atmosphärischen Elektricität hat man auch noch auf andern Wegen Elektricität entstehen sehen; nämlich durch Licht, Wärmeveränderungen, Verbrennung und chemische Veränderungen.

a) Durch **Lichtstrahlen** entsteht Elektricität, wenn man Glastafeln den Sonnenstrahlen aussetzt und sodann am Goldblattelektrometer prüft.

b) Wird Turmalin, Mesotyp, Topas und Prehnit **erhitzt**, so werden sie nicht nur stark elektrisch, sondern sogar polarisch elektrisch, indem sie an einem Ende der Krystallaxe + E, am andern — E zeigen. Ein Metallstück, an einem Ende erhitzt,

zeigt am kälteren Ende + E. Comprimirte Luftarten zeigen + E, verdünnte dagegen — E.

c) Läßt man Waßer in einer nicht isolirten elektrischen Ladungsflasche schnell gefrieren, so zeigt die innere Belegung + E. Aus diesem Grunde werden geschmolzenes Wachs, Chocolade u. s. w. beim Erstarren ebenfalls (+) elektrisch. Läßt man das gefrorne Waßer in der Ladungsflasche, nachdem sie entladen wurde, wieder schmelzen, so zeigt die innere Belegung — E. Läßt man geschmolzenen Schwefel in einem Glasgefäß erstarren, so erhält das Glas + E, der Schwefel — E, und letzterer behält seine Elektricität mehrere Monate lang, wenn man ihn an einem isolirenden Handgriffe aus dem Glase zieht.

d) Beim Verbrennen der Körper werden manche + elektrisch, manche — elektrisch. Klee-, Boron- und Citronensäure, in Waßer sich auflösend, werden — elektrisch, das Waßer + elektrisch. Es wird überhaupt wohl keine chemische Veränderung der Körper geben, wobei nicht elektrische Veränderungen vor sich gehen.

e) Auch die thierische Elektricität, z. B. des Zitteraals, des Zitterrochens, des Zitterwelses, gewährt nach den mit ihnen angestellten Experimenten ähnliche Wirkungen, wie die gewöhnliche Elektricität. Der elektrische Rochen namentlich hat zu beiden Seiten zwischen Kopf und Brustfloße seine elektrischen Organe, welche oben gegen den Rücken hin sich + elektrisch, unten gegen den Bauch hin — elektrisch verhalten. Berührt man dort mit einem Finger die obere, mit einem Finger der andern Hand die untere Fläche des Thieres, so erhält man einen heftig erschütternden Schlag. —

§. 90. Galvanische Elektricität.

A. Galvanisch-elektrische Erscheinungen. Der Bologneser Anatom Galvani bemerkte im Jahre 1790 bei seinen anatomischen Arbeiten an Fröschen, daß deren verstümmelte Körper nahe am Conductor einer Elektrisirmaschine in Zuckungen

geriethen und daß sich diese Bewegungen auch sehr leicht an frisch getödteten Fröschen hervorbringen laßen, wenn man ihre bloßgelegten Nerven und Gelenke mit den Enden eines gebogenen Drahtes berührt. Diese elektrischen Vorgänge hat nach ihm Volta am meisten untersucht; sie sind jedoch selbst heutzutage noch nicht so befriedigend aufgeklärt, als man dieß nach Verfluß von 60 Jahren erwarten sollte. Weil die eigenthümliche galvanische Elektricität sehr häufig mit gewöhnlicher Elektricität gleichzeitig auftritt, so erschwert dieser Umstand die reinen und gesonderten Beobachtungen; daher denn auch der geringe Fortschritt in Erforschung des Wesens und wahren Wirkens der gesammten Elektricität.

Die galvanische Elektricität entsteht hauptsächlich bei Oxydbildungen durch Waßerzersetzung, was am reinsten und einfachsten beobachtet werden kann, wenn man zwei gleich große Zink- und Kupferplatten mit der flachen Seite so nahe an einander in ein Glasgefäß stellt, daß sie sich nicht berühren. An diese Platten müßen oben starke Drahtstücke gelöthet sein, deren feine Spitzen am freien Ende durch eine kleine Handbewegung zur Berührung gebracht werden können, letzteres nöthigenfalls mittelst nicht leitender, d. i. isolirender, Glasrohrstücke, welche auf die Drähte gesteckt werden. (Gute Leiter sind: Metalle, Waßer und waßerhaltige Körper; Seife ist ein schlechter Leiter; Glas, Eis rc. sind Nichtleiter für galvanische Elektricität.) Füllt man nun das Gefäß auf ³/₄ mit verdünnter Schwefelsäure, so beginnt durch die Berührung von Zink, Schwefelsäure und Waßer bei gehöriger Temperatur ein chemischer Proceß, bei welchem das aus Waßerstoff und Sauerstoff bestehende Waßer an den Zinkflächen heftig zersetzt wird. Der Sauerstoff des Waßers verbindet sich unter Wärmeausscheidung und Erwärmung der Flüßigkeit mit dem Zink zu Zinkoxyd, und dieses mit der Schwefelsäure zu auflöslichem schwefelsauren Zinkoxyd. Von den Zinkflächen findet nun ein galvanisch-elektrischer Strom — zum Kupfer hin — statt, welcher das entbundene Waßerstoffgas dem Kupfer in kleinen Bläschen zuführt. Bei richtigem

Säureverhältnis bleibt das Kupfer unverletzt, es entweichen an ihm diese Waßerstoffgasbläschen in die Luft. Man überzeugt sich nun leicht von dem Dasein der galvanischen Elektricität; denn berührt man mit naßem Finger den einen Draht, und mit einem naßen Finger der andern Hand den zweiten Draht, so empfindet man eine nervöse Erschütterung durch den Körper, welche bei fortgesetzter Berührung sich so lange wiederholt, bis die Gasentwicklung und die freie Säure zu Ende ist. Draht, Zinkplatte, Flüßigkeit, Kupferplatte und deren Draht — bilden zusammen die sogenannte galvanische Kette, welche auf obige Weise durch den eigenen Körper, oder durch andere leitende Substanzen, oder auch durch bloßes Berühren beider Drahtspitzen geschloßen wird. Die Drähte heißen Leitungs-, auch Schließungsdrähte; die freie Spitze des Drahtes an der Zinkplatte heißt Zink- oder + Pol; die Spitze des von der Kupferplatte kommenden Drahtes heißt Kupfer- oder — Pol.

B. Zur Hervorbringung starker und anhaltender galvanisch-elektrischer Wirkungen muß dieser Apparat entweder bedeutend vergrößert, oder es müßen mehrere solche Apparate vereinigt werden, wodurch die sogenannten galvanischen Batterien entstehen, die an Form und Stoff ziemlich verschieden sein können.

1) Die älteste galvanische Batterie ist die Volta'sche Säule (Fig. 68.). Sie wird gebildet, wenn man auf einer Glasplatte gleich große Scheiben von Zink, Kupfer und Filz in großer Anzahl und immer in derselben Aufeinanderfolge über einander schichtet, die Filzscheiben aber vorher mit Salzauflösung oder verdünnter Säure tränkt. Die gleichförmige Aufeinanderfolge der Scheiben durch die ganze Säule ist wichtig, weil ihre Wirkung sonst wesentlich geschwächt wird. Auch hier ist die letzte Zinkplatte am einen Ende, die letzte Kupferplatte am andern Ende, je mit einem starken kupfernen Leitungsdrahte von genügender Länge verlöthet, deren Enden mit Platinspitzen versehen, die Hauptpole der Säule bilden. Eine solche geschloßene Batterie aus vielen kleinen Platten bewirkt schell auf einander folgende Erschütterungen; während eine Batterie aus wenigen, aber großen Platten einen gleichförmigen galvanisch-elektrischen Strom liefert.

2) Der galvanische Flaschenapparat Fig. 34 wird aus rechteckigen Zink- und Kupferplatten gebildet, welche Paarweise mittelst eines bügelförmigen Bleistreifens verlöthet sind. Man hängt diese Plattenpaare immer in derselben Ordnung in dicht neben einander stehende, mit salziger oder gesäuerter Flüßigkeit nicht ganz gefüllte, flache, oben ganz offene Flaschen, so daß in jeder Flasche die Zinkplatte des einen Plattenpaares neben der Kupferplatte des Nachbar-Plattenpaares steht, ohne gegenseitige Berührung der Platten. Die Poldrähte sind wie bei der Volta'schen Säule mit der letzten Zinkplatte am einen Ende und mit der letzten Kupferplatte am andern Ende der Flaschenreihe verlöthet. Man hat den galvanischen Batterien auch die Trog- und Becherform u. s. w. gegeben, was jedoch immer auf das Nämliche hinausläuft. (Z. B. Fig. 62 u. 63.) Daß die Zink- und Kupferplatten mittelst starker Blei- oder sonstiger Metall-Streifen gut zusammengelöthet, und nicht bloß durch Klemmen verbunden werden, ist für die Wirkung sehr wesentlich, weil nur dadurch eine feste, innige metallische Verbindung erreicht wird, während jede Klemmschraube gerade wegen dieses Mangels Widerstand verursacht. Statt Zink und Kupfer hat man auch andere Säuren und Metallpaare angewendet, deren eines sich leicht oxydirt, deren anderes ein guter Leiter für die galvanische Elektricität ist. So leicht als das Zink wird aber kein anderes Metall oxydirt; man erlangt daher von ihnen immer geringere Wirkung; das Kupfer dagegen wird zwar von Kohle, Platin, Gold und Silber übertroffen, allein Kohle ist schwer zu handhaben, und die edeln Metalle sind theuer. Man findet daher bei Zink und Kupfer immer seine Rechnung. Für besondere Zwecke hat man übrigens auch immer besonders construirte Batterien angewendet. Der Vollständigkeit wegen sollen noch jene, heutzutage oft angewendete, aber complicirter wirkenden, Batterien angeführt werden, welche wenigstens längere Zeit andauernde, wenn auch schwache, galvanische Elektricität liefern und darum unrichtig constante Ketten genannt wurden:

3) Daniell's Kette (Fig. 65). Ein amalgamirter Zinkstreifen Z steht in einem porösen, cylindrischen Thongefäß t;

dieses ist mit verdünnter Schwefelsäure angefüllt und steht in dem Kupfercylinder k, welcher mit einer gesättigten wäßerigen Kupfervitriol-Lösung nicht ganz gefüllt ist. Damit die Kupfervitriol-Lösung immer gleiche Stärke behält, hängt man in dieselbe ein Säckchen (s) mit Kupfervitriolkrystallen, welche sich in dem Verhältnis auflösen, als das Kupfer aus dem Kupfervitriol an der Kupferplatte metallisch gefällt und die gleichzeitig freigewordene Säure auch zur Oxydation des Zinks verbraucht wird.

4) In Grove's Zink-Platin-Kette (Fig. 66) ist die dicke Zinkplatte z cylindrisch gebogen und steht in einem isolirenden Gefäße g, welches mit verdünnter Schwefelsäure angefüllt wird. Der Becher t von porösem Pfeifenthon enthält Salpetersäure, und in ihr hängt das dünne Platinblech p, von welchem 6 Quadratzoll Fläche 100 Quadratzoll Kupfer ersetzen. Nimmt man statt des Platins nur platinirtes Blei, so hat man Callan's Kette, welche an Wirkung der Grove'schen ziemlich gleich, aber viel wohlfeiler ist. —

5) Bunsen's Zink-Kohlen-Kette (Fig. 67) steht in dem sich oben verengenden, mit Salpetersäure gefüllten Glasgefäße g. Der gedrechselte, zerbrechliche Kohlencylinder k faßt das cylindrische Thongefäß t, welches mit wäßeriger Schwefelsäure gefüllt und unten überharzt ist. Im Thongefäße steht der Zinkcylinder z. Soll die Kette geschloßen werden, so wird oben auf den Kohlencylinder ein ähnlicher Ring r gesteckt, wie ihn der Zinkcylinder trägt.

Oersted baute auch schwache Batterien allein aus schwacher Säure und ungleich großen Zinkplatten in regelmäßiger Folge, wobei die kleineren Platten die Stelle des Kupfers vertraten. Auch Zamboni baute bloß aus Zinkblech-Tafeln, welche an einer Seite einen Streifen Blech angeschnitten behielten, nach der Art des Flaschenapparates, schwache Batterien, indem er jedesmal den umgebogenen Streifen der einen Platte und die Nachbarplatte gleichzeitig in ein mit Waßer gefülltes Gefäß hängte; wobei die Streifen ebenfalls die Stelle des Kupfers ersetzten.

Es ist schon oben bemerkt worden, daß eine bestimmte Temperatur zum kräftigen Wirken einer Batterie gehöre; Desaignes fand eine Volta'sche Säule bei — 18° C. und bei + 100° C. wirkungslos, bei + 52° C. dagegen beinahe von zweimal größerer Wirkung, als bei + 15° C. Bei — 18° C. wird der chemische Proceß gehemmt, bei + 100° C. erfolgt durch die Verdampfung des Waßers Ableitung der galvanischen Elektricität.

C. Die Erscheinungen an der galvanischen Kette sind sehr lehrreich und außerordentlich mannigfaltig, je nachdem sie auf verschiedene Weise geschloßen wird. Da selbst bei sehr starken galvanischen Batterien das Ueberschlagen der erschütterndsten Funken von einem Pol zum andern nur bei sehr großer Annäherung der Leitungsdraht-Spitzen erfolgt; weil man ferner nur an solchen starken Batterien die Leydner Flasche — und doch nur sehr schwach — laden und die gegenseitige Abstoßung nahegebrachter Elektrometerkügelchen schwach bemerken kann: so folgt daraus deutlich, daß die galvanische Elektricität von der gewöhnlichen Elektricität wesentlich verschieden ist, letztere aber mannigfach in ihrem Gefolge hat.

1) Wird die galvanische Kette im Verhältnis ihrer Stärke mit einem sehr dicken Draht geschloßen, so bemerkt man bald, daß sie frühzeitig unwirksam wird, daß eine dem Schließungsdraht genäherte Magnetnadel, welche sich vor dem Schluß ruhig verhielt, eine Ablenkung erleidet; und daß man — besonders von stärkeren Batterien — schon heftig erschütternde Stöße erhält, wenn man sie bloß an einer einzigen Stelle berührt. Die Kette zeigt aber sogleich wieder größere Wirksamkeit, wenn die Platten momentan aus der Flüßigkeit gehoben und wieder eingehängt werden, oder wenn man die Flüßigkeit mit einem Glasstab umrührt. Wird der Schließungsdraht schraubenförmig gewunden und in seinem hohlen Raum ein Eisen- oder Stahlstäbchen eingelegt, so erhält es in kurzer Zeit — je nach der Richtung der Windungen und des Stromes — zwei magnetische Pole, welche beim Stahl dauernd, beim Eisen aber nur so lange anhaltend sind, als der galvanische Strom

durch den Schließungsdraht geht. Ein solches, durch galvanischen Strom vorübergehend magnetisch gewordenes Eisenstäbchen, welches einen Anker anzuziehen vermag, heißt ein Elektromagnet. Wird statt des Eisen- oder Stahlstäbchens eine bewegliche Magnetnadel in den spiralförmig gewundenen Leitungsdraht gebracht, so erleidet sie eine Ablenkung, deren Richtung man nach der Erfahrung in jedem einzelnen Falle angeben kann. Darauf gründet sich das Galvanometer oder der elektromagnetische Multiplicator, welcher aus einer Magnetnadel besteht, um welche sehr viele Windungen sehr feinen übersponnenen Drahtes geführt sind. Will man nun bei chemischen oder sonstigen Versuchen geringe Spuren galvanischer Elektricität darthun, so verbindet man die zu prüfenden Körper mit den Enden jenes Drahtes, und erkennt an der Richtung und Größe der Magnetnadel-Ablenkung Richtung und Stärke des Stroms. — Durch sehr mäßige galvanische Ströme hat man schon sehr starke, wenn auch gerade nicht dauernde, Magnete hergestellt. Eine ganz einfache galvanische Kette von kaum 2zölliger dünner Zink- und zugehöriger Kupferplatte mit 2 Linien dickem eisernem Leitungsdraht, welcher um ein 29 ℔ schweres Hufeisen gewunden wurde, machte letzteres so stark magnetisch, daß es ein Gewicht von 1½ Centnern zu tragen vermochte.

Auf die momentane Erzeugung eines Elektromagnets gründet sich auch der in neuerer Zeit sehr vervollkommnete elektromagnetische Telegraph, welcher anfänglich außer der doppelten Drahtleitung bloß aus einer Magnetnadel bestand, deren Ablenkungen zur Zeichenmittheilung benützt wurden. Später wurden die Zeigertelegraphen in mannigfaltiger Construction zu Tage gefördert, bei welchen der Zeiger mittelst eines Räderwerks auf die gewünschten Zeichen sprungweise dadurch sich einstellte, daß die Hemmung des Räderwerks mit dem Anker eines Elektromagnets in Verbindung stand, der durch gehöriges Unterbrechen und Schließen des galvanischen Stromes seine Bewegung erhielt. Nach Sicherheit und Schnelligkeit steht jedoch der amerikanische oder Morse'sche Schreibtele-

graph mit einfacher Drahtleitung gegenwärtig oben an, welcher Combinationen von Punkten und Strichen statt der Ziffern und Buchstaben einem beweglichen Papierstreifen mittelst einer Stahlspitze dadurch eindrückt, daß dieser Schreibstift vom Anker eines Elektromagnets bewegt wird, der durch gehöriges Unterbrechen und Schließen des galvanischen Stromes in Thätigkeit ist.

2) Werden die Pole der galvanischen Kette durch einen verhältnismäßig sehr feinen Leitungsdraht geschloßen, so bemerkt man an demselben eine ganz neue Erscheinung, nämlich eine so starke Erhitzung und Lichtentwicklung, daß der dünne Schließungsdraht zu glühen anfängt und viel dicker erscheint. Das Verbrennen benachbarter Luft geschieht hiebei nur gelegentlich; daß die Luft dazu gar nicht nothwendig ist, beweist der noch viel glänzendere Erfolg der Erscheinung, wenn der dünne Schließungsdraht durch eine luftdicht verschloßene, luftleere Glasröhre gespannt ist. Daß hiebei die starke Wärmeentbindung am dünnen Schließungsdraht auch nicht von der Lichtentwicklung herrühre, kann man aus der weitern Beobachtung abnehmen, daß Salzwaßer in einem kleinen Platingefäß schon sehr bald ins Sieden geräth, wenn das Gefäß mit dem einen Pole einer starken Batterie verbunden wird, der andere Pol dagegen an einem eingetauchten starken Platinstück endigt.

3) Werden endlich die Pole der galvanischen Kette im Verhältnis zu ihrer Kraft durch so dünnen Draht, oder solche dünne Körper geschlossen, daß ein bedeutender Widerstand für den Strom entsteht, so wirkt die galvanische Kette in solchem Zustande unter Abnahme der Waßerstoffgasentbindung anders, als in 1) und 2), nämlich weniger erschütternd und magnetisirend, dagegen hauptsächlich Hitze erregend. Ein Apparat, welcher auf diesem Princip beruht, und den chemischen Proceß als die Quelle der galvanischen Elektricität durch seine winzige Gestalt beweist, wurde von Wollaston unter dem Namen Fingerhut-Apparat hergestellt: in einen plattgedrückten silbernen oder kupfernen Nähring (ohne Boden) ist ein Zinkblättchen durch Siegellack befestigt; die beiden Metalle sind durch ein äußerst

feines Platinstreifchen verbunden; und dieses geräth ins Glühen, wenn dieser Apparat schnell bis über die Mitte in verdünnte Säure getaucht wird. Später hat Hare in Philadelphia einen sehr wirksamen Apparat zu obigem Zwecke und zu umfaßenden Versuchen hergestellt. Man erhält ihn, wenn man (Fig. 64) ein langes Stück Zinkblech und ein gleich großes Kupferblech spiralförmig über einander wickelt, ohne daß sie sich berühren (man legt zu dem Ende ein Stück Leder während des Aufrollens dazwischen, nimmt dasselbe sodann heraus, befestigt aber oben und unten überfirnißte Holzstäbchen mit Einschnitten, welche die Platten auseinander halten) und diese Metalle in einen gläsernen Cylinder stellt, der mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist. (Hare's Kalorimotor). Zur Verstärkung der Wirkung verbindet man mehrere Kalorimotoren in der Art wie beim Flaschenapparat und erhält auf diese Weise Hare's Deflagrator. Sonst im gewöhnlichen Feuer unverbrennbare Körper verbrennen im Kreis einer so eingerichteten und geschloßenen galvanischen Kette — sowohl in der Luft, als im luftleeren Raume — zu Oxyden genau mit gleicher Pracht und ähnlichem Lichtglanze wie im Sauerstoffgas (Vgl. §. 16.): Feiner Platindraht oder Folie verbrennt mit blauem Lichte zu grauem Oxyd; Gold mit weißem Lichte zu braunem Oxyd; Silber mit smaragdgrünem Lichte zu grauem Oxyd; Kupfer mit bläulich weißem Lichte zu dunkelbraunem Oxyd; Zink mit bläulich weißem Lichte zu weißem Oxyd; Stahl und Eisen bei starkem Zischen und Funkensprühen mit röthlichem Lichte zu dunkelgrauem Oxyd; Kohlenspitzen unter außerordentlicher Lichtentwicklung zu Kohlensäure, deren Menge jedoch im luftleeren Raume, sowie die Menge der verzehrten Kohle, nur sehr gering ist. Alkohol, Aether, ätherische Oele u. s. w., mit dem Kupferpol verbunden, entzünden sich hierbei in dem Augenblicke, in welchem sie vom Zinkpol berührt werden. Gasarten werden in geschloßener Glasröhre zu Oxyden verbrannt, z. B. Sauerstoff- und Waßerstoffgas zu Waßer, wenn die Leitungsdrähte in ihr möglichst nahe gebracht sind. Auf solche Weise verbrennt auch schon eine kleine Menge gewöhnlicher Luft zu

Salpetersäure, wenn bei großer Annäherung der galvanischen Kettenpole ein Funke überschlägt.

Ist die galvanische Kette stark, so werden die vorhin gebildeten Metalloxyde zuletzt verflüchtigt. Jene Oxyde, wie Calciumoxyd, Quarz, Sapphir u. s. w., welche im gewöhnlichen Feuer nicht verflüchtigt werden können, werden im Kreise einer solchen starken galvanischen Kette ebenfalls verflüchtigt, wenn sie in sehr kleinen Portionen in den galvanischen Strom, zumal zwischen die schon erwähnten Kohlenspitzen, gebracht werden.

D. Die galvanische Elektricität bewirkt aber nicht bloß chemische Verbindungen, wie im Vorigen bemerkt wurde, sondern auch Zersetzung chemischer Verbindungen, auf die heftigste und oft räthselhafteste Weise. Feste Körper — wie die Oxyde der Metalle, von Kalium, Natrium, Calcium u. s. w., welche letztere behufs beßerer Leitungsfähigkeit schwach befeuchtet mittelst geeigneter Platinpole in den Kreis einer starken, hauptsächlich Wärme liefernden, galvanischen Batterie gebracht werden — zerfallen in verflüchtigbares, entweichendes Sauerstoffgas und zurückbleibendes Metall, welches jedoch durch seine Hitze an der atmosphärischen Luft sogleich wieder zu Oxyd verbrennt. Flüßige oder aufgelöste Körper zerfallen dagegen, oft mit ihrem Waßer zugleich, bald in ihre näheren, bald in ihre entfernteren Bestandtheile, wenn sie (am besten in Gold- oder Platinschalen, weil Gefäße von Glas, Porcellan, Achat, Gyps, Cölestin, Schwer- und Flußspath, auch von Basalt, ebenfalls angegriffen werden) mittelst eingehängter, nicht zu kleiner, kugel- oder plattenförmiger, nicht oxydirbarer Platinpole in den Kreis einer solchen galvanischen Batterie gebracht werden, welche viel Stöße und wenig Wärme hervorbringt, welche also aus vielen kleinen Platten und nicht zu schwachen Leitungsdrähten zusammengesetzt ist. — Auffallend ist bei allen solchen Zersetzungen, daß die Substanzen immer an den eingetauchten Polen (und dabei einzelne meistens und mit besonderer Neigung, aber nicht immer, an dem +, andere am — Pole) ausgeschieden werden. Sind die ausgeschiedenen Körper fest, so lagern sie sich als Pulver oder in festen Massen, manchmal

auch in pflanzenähnlichen Metallgebilden an den Polen ab; sind sie auflöslich, so sammeln sie sich im aufgelösten Zustande um die Pole; sind sie gasförmig, so entweichen sie von den Polen in die Luft, wenn sie nicht zweckmäßig aufgefangen werden. — Waßer z. B. liefert am + Pole Sauerstoffgas, am — Pole Waßerstoffgas; befeuchtetes schwefelsaures Kupferoxyd (Kupfervitriol) und mehrere ähnliche Salze: Sauerstoffgas und Schwefelsäure am + Pole, Kupfer am — Pole; befeuchtetes schwefelsaures Kaliumoxyd und mehrere ähnliche Salze: Sauerstoffgas und Schwefelsäure am + Pol, Waßerstoffgas und Kaliumoxyd am — Pol u. s. w., — woraus schon ersichtlich wird, daß Körper von ähnlicher Zusammensetzung doch nicht immer auf die gleiche Weise zerfallen. Weil das Sauerstoffgas immer am + Pol, das Waßerstoffgas immer am — Pol zum Vorschein kommt, so hat man den + Pol der Kette auch Sauerstoffpol (Oxygenpol), den — Pol derselben aber Waßerstoffpol (Hydrogenpol) genannt, und daraus geschloßen, daß der Sauerstoff selber ein — elektrischer Körper sei, der Waßerstoff dagegen ein + elektrischer. Aus diesem Grunde nennen Viele unrichtigerweise den Kupferpol oder Hydrogenpol auch + Pol, d. h. den Pol, an welchem die + elektrischen Körper abgesetzt werden, und in ähnlicher Weise den Zink- oder Oxygenpol den — Pol; worauf man also zu achten hat. Auch hat man zwischen dem — elektrischen Oxygen und dem + elektrischen Hydrogen alle bis jetzt bekannten einfachen Körper in eine — übrigens nicht sehr stichhaltige — sogenannte elektrische Reihe gebracht.

Zum beßern Verständnis der im Vorigen angeführten Zersetzungserscheinungen im Kreise galvanischer Ketten gehört folgende Wahrnehmung. Wie bei der einfachsten, nur mit wäßriger Säure hergestellten galvanischen Kette das an der Zinkplatte entbundene Waßerstoffgas durch die saure Flüßigkeit zu der Kupferplatte gelangt: ebenso findet eine ähnliche Zuführung an die Kupferplatte mit anderen Substanzen statt, wenn in jener Flüßigkeit zugleich ein Salz aufgelöst ist. Die Basis des Salzes oder ihr Radical findet man nämlich durch Reagentien immer

an der Kupferplatte, während die Säure an der Zinkplatte zurückbleibt. Wie aber hier der galvanisch-elektrische Strom in der Flüßigkeit der galvanischen Kette von der Zinkplatte zur Kupferplattte hin wirkt: ebenso muß auch der vom eingehängten Zinkpol der galvanischen Kette durch eine zu zersetzende flüßige Substanz nach dem eingehängten Kupferpol hin gerichtete Strom wirken. Waßer z. B., welches nur in seine zwei einzigen nähern Bestandtheile zersetzt werden kann, bildet von den zwei eingetauchten Platinpolen die Fortsetzung des — Poles, und die eigentlich wirksamen Pole liegen daher dort, wo sich Waßer und der + Pol der Kette berühren; daher auch hier die Wirkung erfolgt, nämlich Ausscheidung von Sauerstoffgas und Ueberführung des Waßerstoffs zum — Pol, wo er dann als Waßerstoffgas sichtbar entbunden wird. — Schwefelsaure Kaliumoxyd-Auflösung dagegen wird im Kreise der galvanischen Kette so zersetzt, daß sich das Oxyd als Verlängerung des — Pols, die Säure als Verlängerung des + Pols um diese Pole förmlich sammelt, worauf zuletzt noch die Waßerzersetzung folgt, wenn die Kette nicht zu stark wirkte. Deutlich sichtbar wird diese Polverlängerung bei der Zersetzung der Metallsalze, wo sich das Metall so lange an dem — Pol ablagert, bis es mit dem sichtbaren, oder dem verlängerten + Pol zusammentrifft.

Werden mehrere flüßige Körper zugleich in den Kreis der galvanischen Kette gebracht, so erfolgt die Ablagerung ihrer Bestandtheile an beiden Polen in der Ordnung, wie sie den Polen in elektrischer Beziehung verwandt sind. Befinden sich zwischen den flüßigen auch feste Körper, z. B. Metalle, thierische Membranen u. s. w., durch welche hindurch keine Ueberführung von Substanzen möglich ist, so verhalten sich dieselben gegen ihre Nachbarpole immer wie entgegengesetzte Pole, an welchen einerseits Ablagerungen, auf der andern Seite dagegen Zersetzungen erfolgen. Wird Ein mit schwefelsaurem Natron gefülltes Glas zu beiden Seiten durch feuchte Dochte mit zwei waßergefüllten Gefäßen verbunden; in sämmtliche Gefäße einige Tropfen Veilchen-Pigment gegoßen, und werden endlich in die äußern Gefäße die platinenen Pole einer galvanischen Kette

eingehängt, so findet sich nach einiger Zeit im mittleren Gefäße blaugefärbtes Waßer, in dem Gefäß des — Pols das grüngefärbte Alkali und in dem des + Pols die rothgefärbte Säure. Verwechselt man nun die äußern Gefäße, so wird das Alkali abermals an den — Pol, die Säure an den + Pol übergeführt, ohne daß jedoch die Farbe der mittleren Flüßigkeit wechselt.

Auf die polarische Ablagerung der Metalle hat Jakobi die, unterdessen mannigfach verbeßerte, Galvanoplastik gegründet. In dem mit Kupfervitriol-Lösung gefüllten isolirenden Gefäße A (Fig. 69) hängt ein zweites Gefäß B, welches mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt und unten mit einer Thierblase zugebunden ist. Auf einem von Holzstäben verfertigten Kreuze liegt in B das Zinkstück x, ohne die Thierblase zu berühren, steht aber durch den Kupferdraht l mit dem Quecksilbernäpfchen q, und dieses mit dem überharzten Draht a in Verbindung, an welchem in der Kupfervitriollösung der Gegenstand w hängt, welcher nachgebildet werden soll. Weil das Original selten angewendet werden kann, so verschafft man sich von diesem einen Abguß aus Wachs und Stearin, welcher durch feinen Anstrich mit geschlemmtem Graphit, Bronce- oder Silberstaub leitend gemacht wird. Diese Form w vertritt hiebei die Stelle einer Kupferplatte in der galvanischen Kette, denn der vom Zink durch die Membrane zur Form ziehende Strom setzt auf der Form metallisches Kupfer ab und schließt durch a, q, x seinen Kreis. Nach 24 Stunden ist der galvanoplastische Abdruck vollendet. — Auch galvanische Ueberzüge von Gold, Silber, Platin, Zinn, Nickel, Zink u. s. w. laßen sich ähnlich herstellen.

E. Auf lebende, namentlich thierische, Organismen wirkt die galvanische Elektricität in den sensibeln Nerven Empfindung, in den motorischen Zusammenziehung, wie schon Eingangs angedeutet wurde. Ein Silberstück unter, ein Zinkstück auf die Zunge so gelegt, daß sich die Metalle an einer Stelle berühren können, laßen am Zink einen säuerlichen, dagegen am Silber einen weniger bestimmten Geschmack unterscheiden. Der salzige

Speichel und die beiden Metalle bilden nämlich eine geschloßene galvanische Kette, wobei die Bestandtheile des Speichels zersetzt und auf der Zunge abgelagert werden. — Hält man den Pol einer galvanischen Kette in der einen Hand und berührt mit dem andern Pol die Haut nahe am Auge, wodurch eine Entladung durch die Gesichtsnerven erfolgen kann, so sieht man Funken. Daß galvanische Batterien aus wenigen großen Platten auf den Organismus nicht so heftig wirken, als wenn diese Platten in viele kleinere zertheilt werden, ist schon oben bei der Volta'schen Säule angeführt; es wirken aber auch zu solchem Zweck Salzauflösungen in den Ketten mehr, als Säuren, und die Wirkung wird überhaupt wesentlich erhöht, wenn die Pole der Leitungsdrähte in großen Oberflächen, z. B. Kugeln, endigen und mit Salzwaßer-benetzten Händen berührt werden. Starke galvanisch-elektrische Entladungen können sehr nachtheilig und sogar tödtlich auf den thierischen Organismus wirken.

Da die Erde aus lauter heterogenen Massen besteht, welche zum Theil mit Waßer in Berührung kommen, so müßen auch in der Erde galvanisch-elektrische Ströme stattfinden, wodurch chemische Verbindungen und Zersetzungen herbeigeführt werden, wie die Stufen gediegener Metalle deutlich zeigen.

Daß aber nicht einmal eine große Verschiedenheit der Körper nöthig ist, um galvanisch-elektrische Thätigkeit hervorzurufen, kann man wahrnehmen, wenn eine saure und auch eine concentrirte Auflösung von salzsaurem Zinnoxydul in Waßer so vorsichtig über einander in ein Glas gegoßen werden, daß sie sich nicht vermischen. Setzt man nun ein Zinnstäbchen hinein, so entsteht dort, wo sich die zwei zinnhaltigen Flüßigkeiten und das Zinnstäbchen berühren, eine Ablagerung von metallischem, nadelförmigem und blätterigem Zinn.

Die wichtigste Anwendung fand die galvanische Elektricität bei der Zersetzung chemischer Verbindungen in ihre einfachen Stoffe, zumal durch die Davy, wodurch die Wißenschaft wesentlich gefördert wurde. Heutzutage gehören aber die elektromagnetischen Telegraphen nicht minder zu den wichtigsten Anwendungen der galvanischen Elektricität. — Davy schützte den

kupfernen Beschlag hölzerner Schiffe vor der zerstörenden chemischen Wirkung des Seewaßers dadurch, daß er ein Stück (wohlfeiles) Zink daran befestigte, welches nun — wie in der galvanischen Kette — vorzugsweise angegriffen wurde.

Schluß.

Es muß sich Jedem, welcher die mannigfaltigen Wechselbeziehungen kennen lernt, die zwischen Wärme, Sauerstoff, Magnetismus, galvanischer Elektricität, gewöhnlicher Elektricität und Licht stattfinden, der naheliegende Gedanke aufdrängen, daß diese Erscheinungen auf einigem inneren Zusammenhange beruhen, wenn sie auch nicht Folgen einer und derselben Ursache sind.

1) Durch Wärme sehen wir Magnetismus, gewöhnliche Elektricität und Licht erscheinen (Thermo-Magnetismus und Thermo-Elektricität); 2) bei Verbindungen des Sauerstoffs mit andern Körpern entsteht oft: Wärme, galvanische Elektricität, gewöhnliche Elektricität und Licht; 3) durch Magnetismus kann galvanische Elektricität und gewöhnliche Elektricität (Magneto- und Inductions-Elektricität) entstehen; 4) galvanische Elektricität bringt Wärme, Oxyde, (Elektro-) Magnetismus, gewöhnliche Elektricität und Licht hervor; 5) gewöhnliche Elektricität ist im Stande: Wärme, Oxyde, Magnetismus, galvanische Elektricität und Licht zu erzeugen; endlich 6) ist das Licht fähig, unter geeigneten Umständen: Wärme, Oxyde, Magnetismus und gewöhnliche Elektricität hervorzubringen.

So viel nun aber auch der Kreis von Erfahrungen über diese sechs nicht alltäglichen Gäste, welche die Körper oftmals heimsuchen, bis jetzt erweitert worden ist, so sehr Noth thut es nun doch in unserer Zeit, daß endlich das wahre Wesen und Wirken desselben — nicht einseitig, sondern unbefangen — erforscht, und die vielen einzelnen, oft scheinbar räthselhaften Erscheinungen möglichst in Ein Princip zusammengefaßt werden.

Wann diesem überall gefühlten Bedürfnisse genügt werde, läßt sich nach dem jetzigen Stande der Wißenschaft nicht wohl übersehen. Beim Hinblicke auf diese vielfach zersplitterten Kenntnisse über die ganze große Natur und ihre Kräfte, nach Wesen und Wirken, drängt sich uns daher nothwendig und unwillkürlich die Ueberzeugung mit dem offenen Bekenntnisse auf: Unser Wißen ist Stückwerk; wer kann die großen Werke Gottes, des Schöpfers und Erhalters der Welt, ausreden!

Literarische Ankündigung.

Im Verlage der C. H. Beck'schen Buchhandlung in **Nördlingen** ist gleichfalls erschienen und durch alle Buchhandlungen zu beziehen:

Bauer, Fr., Grundzüge der neuhochdeutschen Grammatik für die unteren und mittleren Klassen höherer Lehranstalten. 2te verb. Aufl. gr. 8. 7 Bogen. Preis: 14 Ngr. oder 45 kr. Parthiepreis: 11 Ngr. oder 36 kr.

Diese Grammatik hat es sich zur Aufgabe gestellt, einem längst gefühlten Bedürfniß höherer Lehranstalten abzuhelfen. Es ist hier versucht an der Hand der Erfahrung den reichen grammatischen Lehrstoff in bündigster Kürze und klarer Uebersichtlichkeit so darzustellen, daß die bedeutenden Resultate der neueren Sprachforschung, namentlich eines Grimm und seiner Schule, mehr und mehr Gemeingut der deutschen Jugend und des deutschen Volkes werden können und mit der tieferen Einsicht in die Muttersprache auch der nationale Sinn geweckt und gebildet wird.

Zur Empfehlung dieses Buches freut sich die Verlagshandlung die Thatsache anführen zu können, daß dasselbe gleich nach seinem Erscheinen in einer Anzahl von Lehranstalten des In- und Auslandes eingeführt worden ist.

Vollständig theoretisch-praktische Generalbaß- und Harmonielehre für junge Musiker überhaupt besonders aber für Orgelschüler, Schulseminaristen, Schullehrlinge und zum Selbstunterricht bearbeitet von Matthäus Zeheter, erster Seminarlehrer und Präfekt und Max Winkler, Chorregent u. Musiklehrer am k. Schullehrerseminar zu Eichstätt. Vollständig in 2 Bänden. 54 Druckbogen in größtem Lex.-8. geh. 3 Thlr. 15 Ngr. oder 5 fl. 36 kr.

Parthiepreis (bei Einführung in Lehranstalten &c.) 2 Thlr. 25 Ngr. oder 4 fl. 30 kr.

Dieses Werk umfaßt außer den Vorkenntnissen über die Töne und ihre Bezeichnungen, über die Intervalle, Skalen und den Rhythmus &c., die Lehre von den Akkorden und ihren Verbindungen, von den Bewegungen, von den regelmäßigen Fortschreitungen oder Sequenzen, von der Behandlung der chromatischen Akkorde, von dem Querstande, von den verschiedenen Modulationen, von den verzögerten und vorausgenommenen Intervallen und Akkorden, von der Begleitung der verschiedenen Skalen u. dgl.; endlich enthält es auch noch die Lehre von dem Contrapunkte im strengen und freien Style und die Imitations- und Fugenlehre.

Competente Beurtheiler haben bereits auf das Günstigste ausgesprochen, daß dieses Werk besonders durch eine gründliche, einfache und praktische Bearbeitung des Gegenstandes alles in diesem Fache bisher Erschienene übertrifft. Dasselbe dürfte sich darum als ein Lehrmittel für jeden Orgel-Schüler, insbesondere für Schullehrlinge und Schulseminaristen eignen, und ist auch seit seinem Erscheinen unausgesetzt in **mehreren** Schullehrer-Seminarien eingeführt; gewiß die beste Empfehlung für die Brauchbarkeit dieses Buches!!

Einhundertdreiundneunzig Generalbaß-Uebungen oder Beispiele in systematischer Ordnung zur Uebung im Spielen und Aussetzen des bezifferten Basses, von der Intervallenlehre angefangen, alle Accorde in allen Tonarten, Lagen und Auflösungen umfassend. Ein Anhang zu jeder, besonders aber der Generalbaßlehre von Zeheter und Winkler. Bearbeitet von M. J. Winkler, Musiklehrer am k. Schullehrer-Seminar Eichstätt und Dom-Pfarr-Chorregent. Lex.-8. geh. 76 S. Preis: 14 Ngr. oder 40 kr.

Zeheter, Matth., erstem Lehrer und Präfekt am k. Schullehrer Seminar zu Eichstätt, Satzlehre. Zum Behufe eines gründlichen und fruchtbaren Unterrichtes in der deutschen Sprache bearbeitet. 1849. 300 Seiten in 8. Preis: 14 Ngr. oder 45 kr. (In Parthieen von 15 Exempl. und darüber 10 Ngr. oder 36 kr.

Layritz, Dr. Fr., zwölf Notentafeln zur Einübung sämmtlicher im kirchlichen Choral-Gesang vorkommender Intervallen. gr. Fol. Preis: 15 Ngr. oder 54 kr.

Wir erlauben uns, diese Notentafeln in höheren und niederen Lehranstalten bestens zu empfehlen.

Berger, G. A., calligr. Vorlegblätter für Schulen und zum Selbstunterricht. Erste Abtheilung, zweite Aufl., 20 Bl. enth. Alphabete verschiedener Schriftarten, eine gothische, römische, Kanzlei-, Fraktur-, Kirchen-, englische und deutsche Schrift. Preis: 7 Ngr. oder 24 kr.

Derselbe. Zweite Abtheilung: Allgemeine deutsche Vorschriften für den ersten Unterricht im Schönschreiben. 3 Hefte (1. bis 3. Stufe) zusammen Preis: 4 Ngr. oder 12 kr.

— — kalligr. Vorlegblätter für die Oberklassen der deutschen Schulen. III. Stufe. 35 S. (sehr schön in Stein gravirt.) Preis: 12 Ngr. oder 40 kr.

Biarowsky, Dr. W. E. J. v., das Vater Unser in Christenlehren. Ein katechetischer Versuch. gr. 8. (8 Bog.) geh. Preis: 10 Ngr. oder 36 kr.

Hofmann, Dr. J. Chr. K., Lehrbuch der Weltgeschichte für Gymnasien. Erste Hälfte: Die Welt vor Christo. (23 Bogen). gr. 8. Zweite verb. Aufl. 1843. geh. 18 Ngr. oder 1 fl. Dasselbe. Zweite Hälfte: Die Welt seit Christo. gr. 8. (27½ Bogen.) geh. 26 Ngr. oder 1 fl. 30 kr.

Lehrer, welche dieses treffliche Lehrbuch (auch als Lesebuch zum Privatgebrauch zu empfehlen) beim Unterricht in Lehranstalten und Privatstunden zu Grunde legen wollen, können sich durch alle Buchhandlungen Exemplare zur Einsicht verschaffen.

Fig. 1.

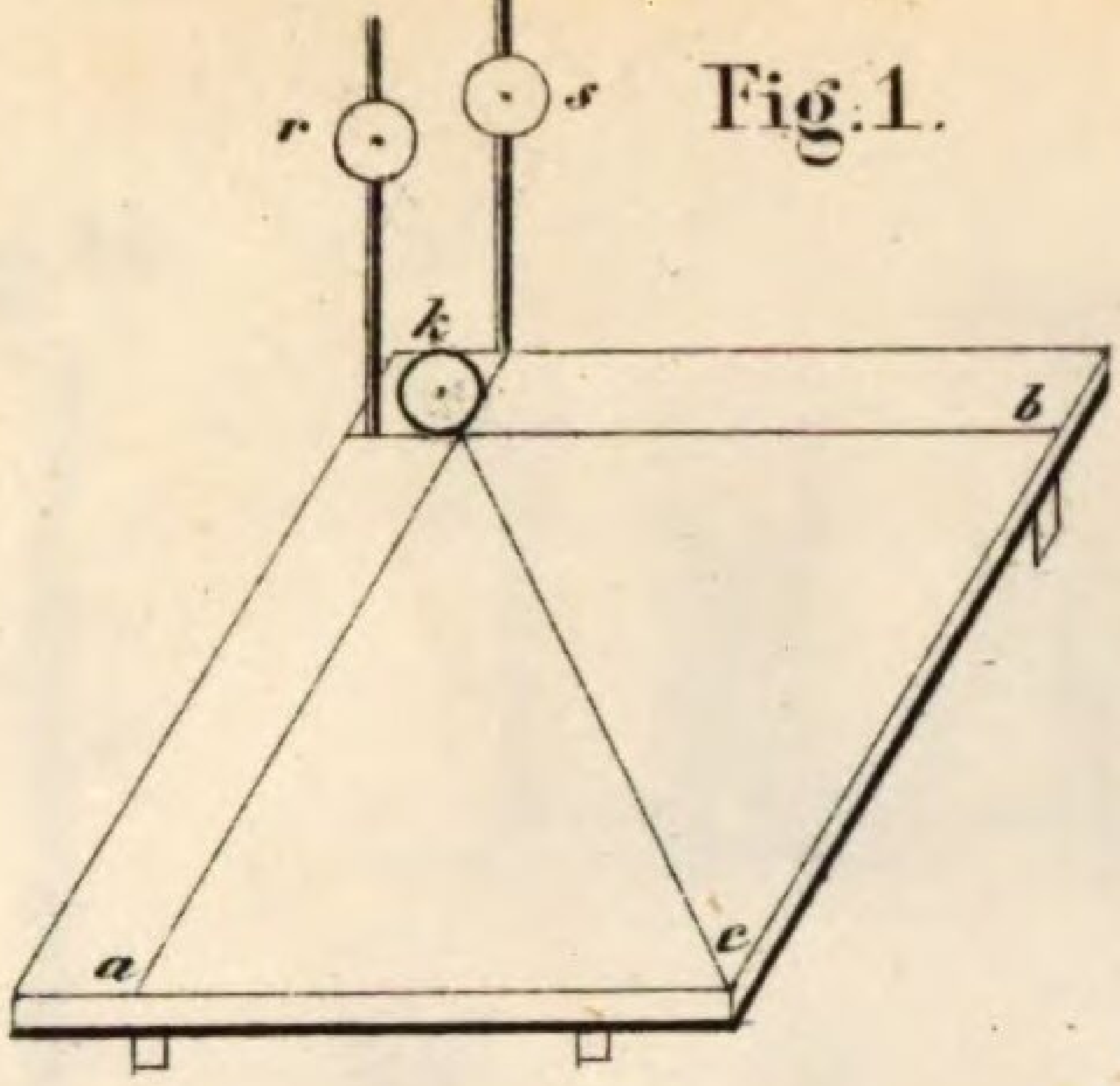


Fig. 2.

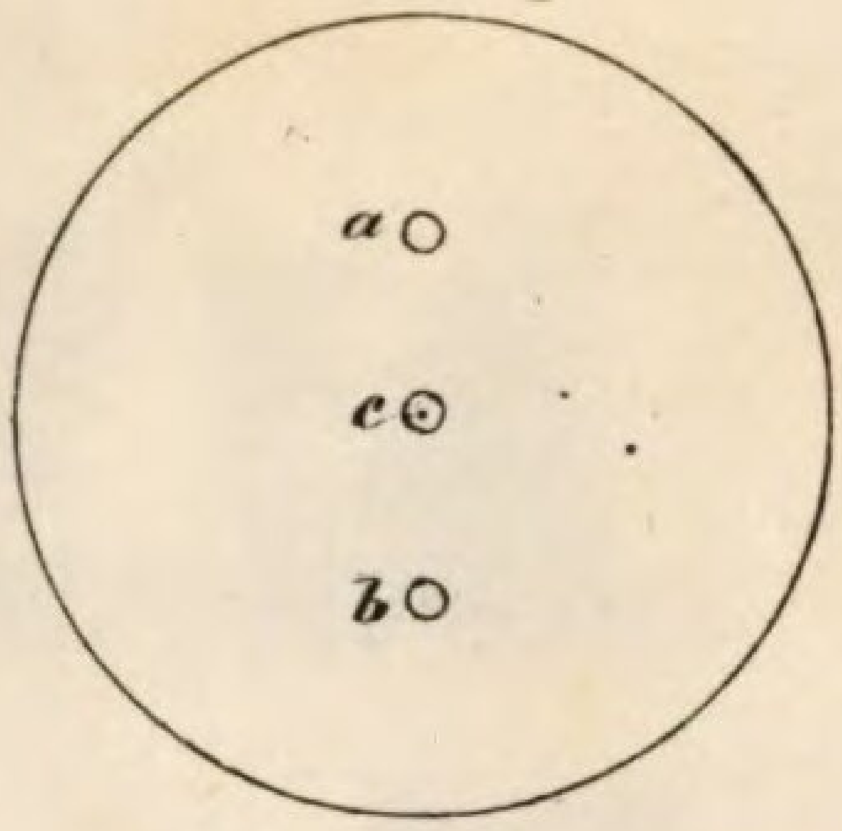


Fig. 3.

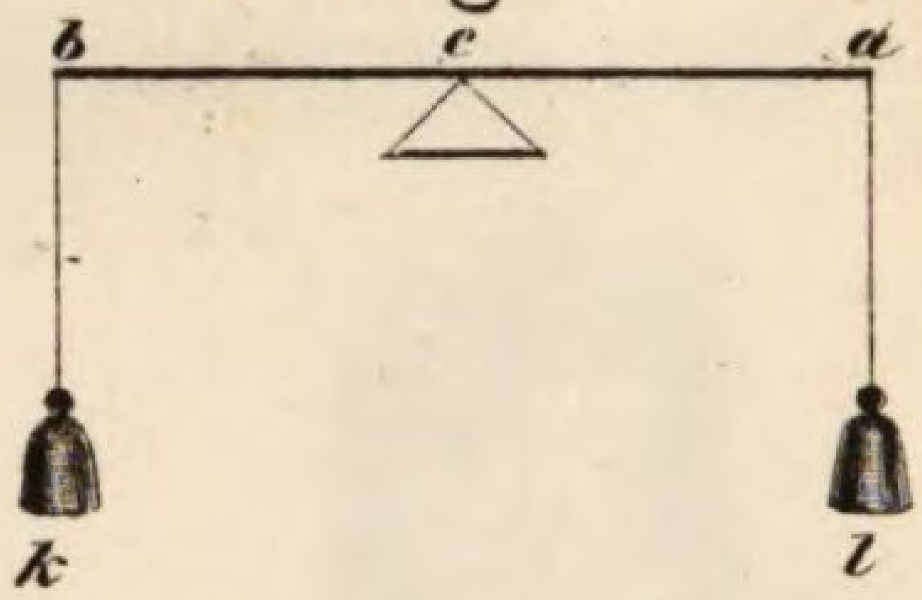


Fig. 4.

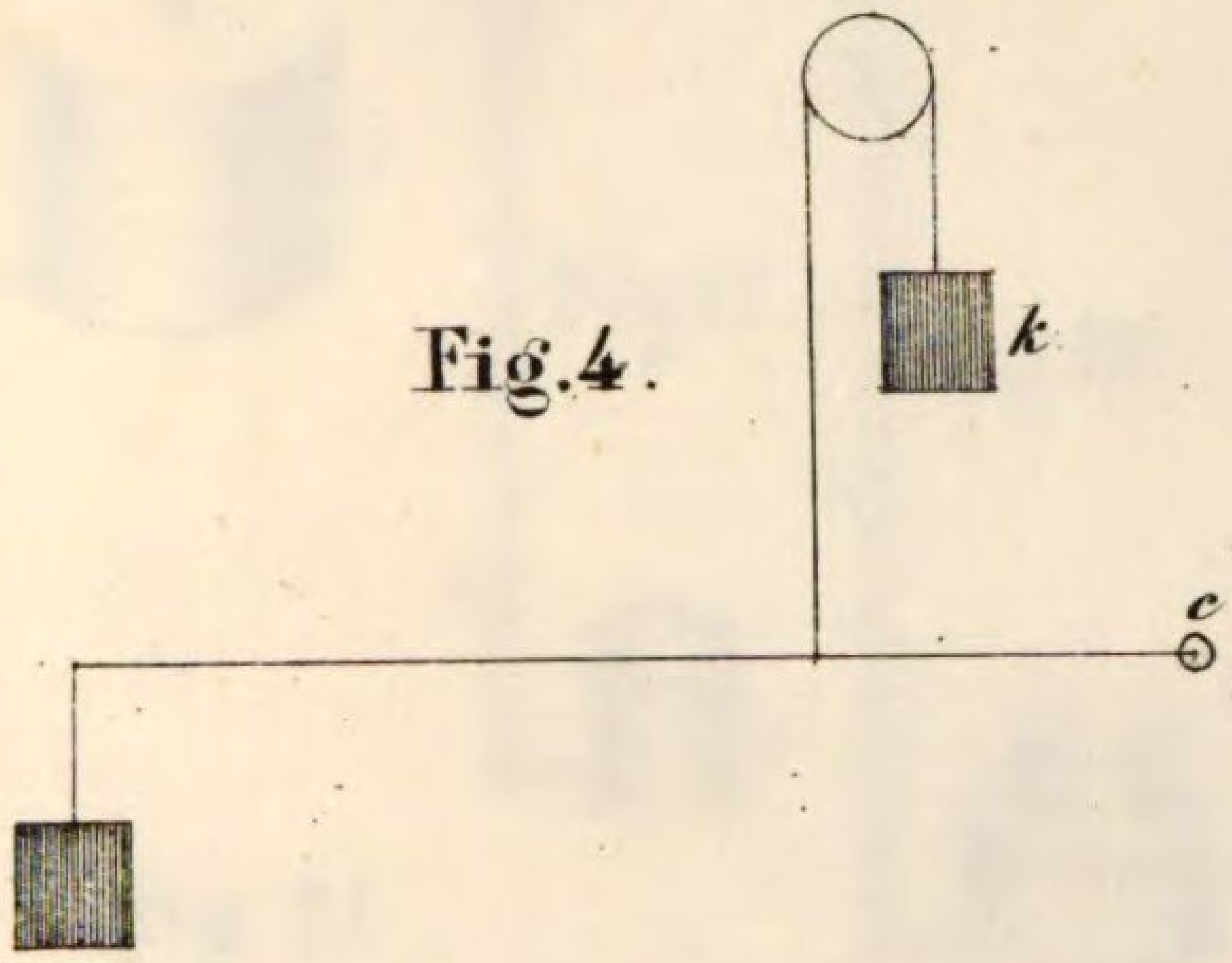


Fig. 5.

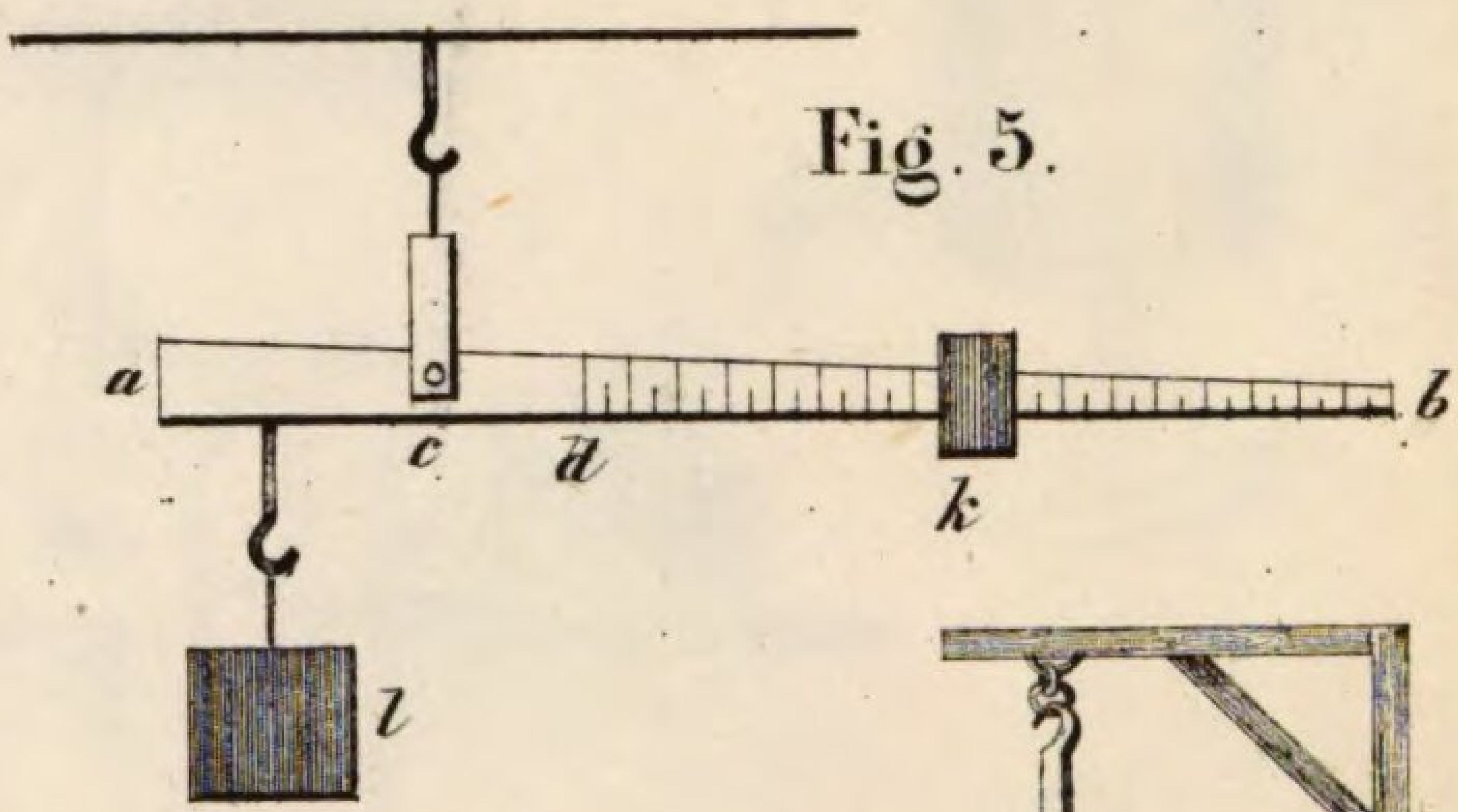


Fig. 9.

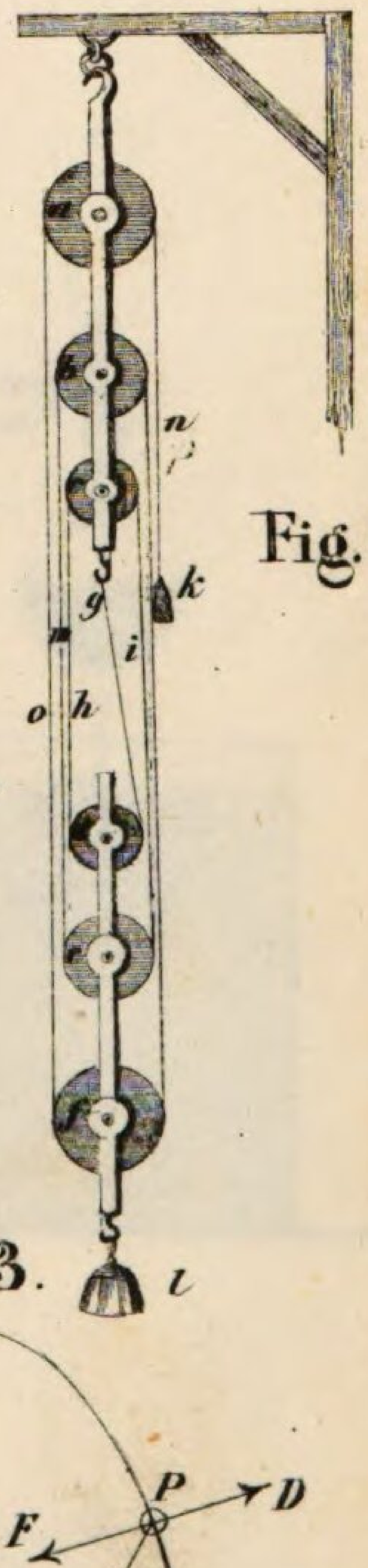


Fig. 6.

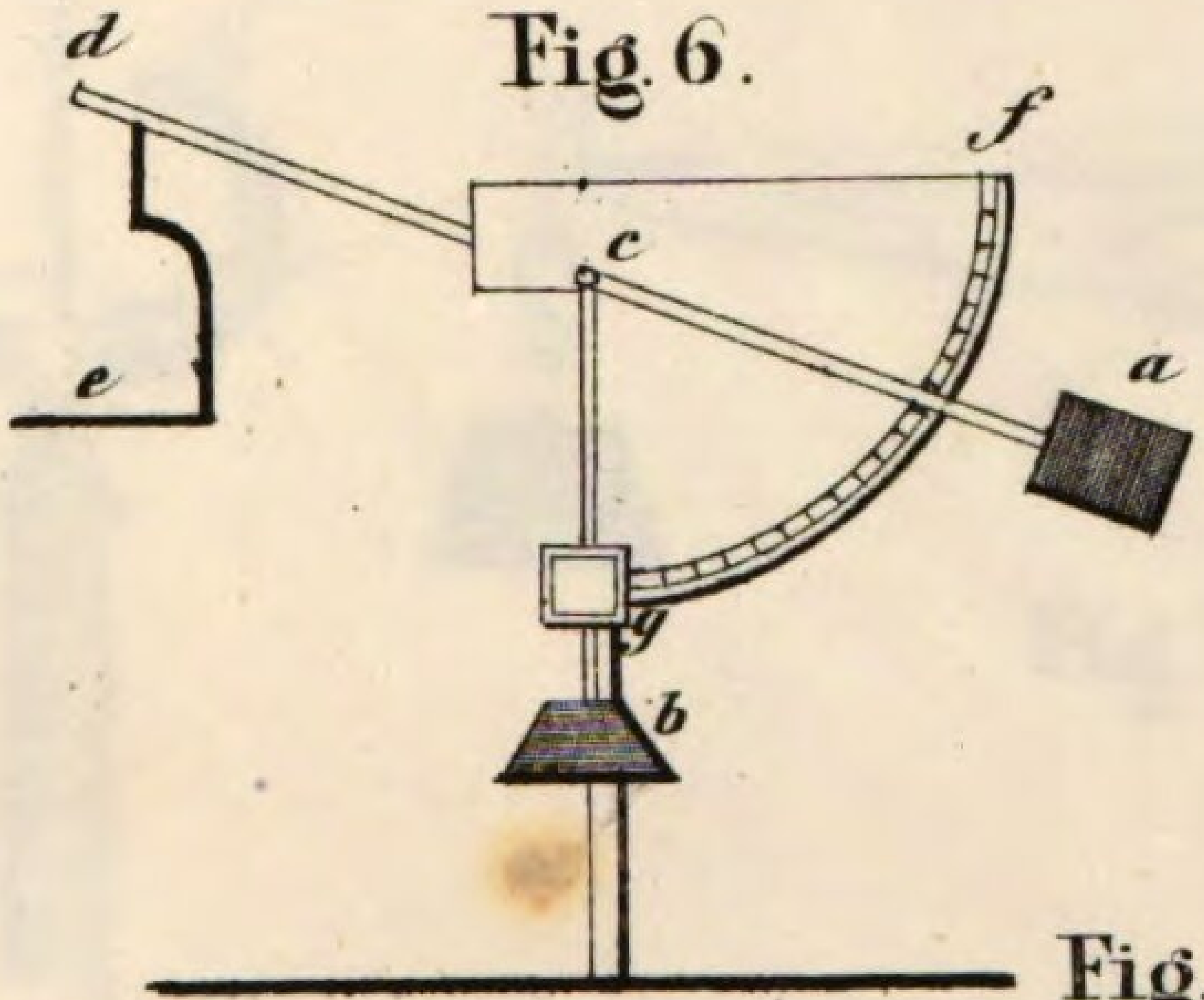


Fig. 7.

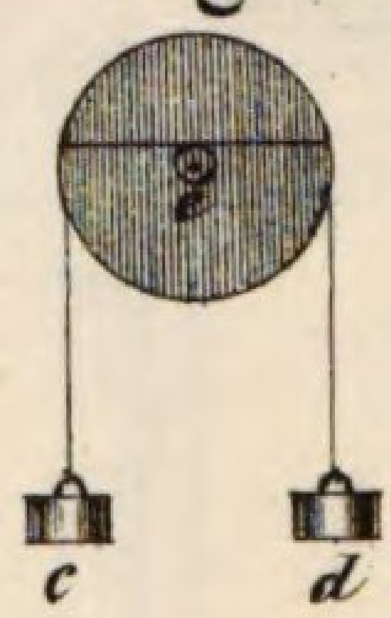


Fig. 8.



Fig. 12.

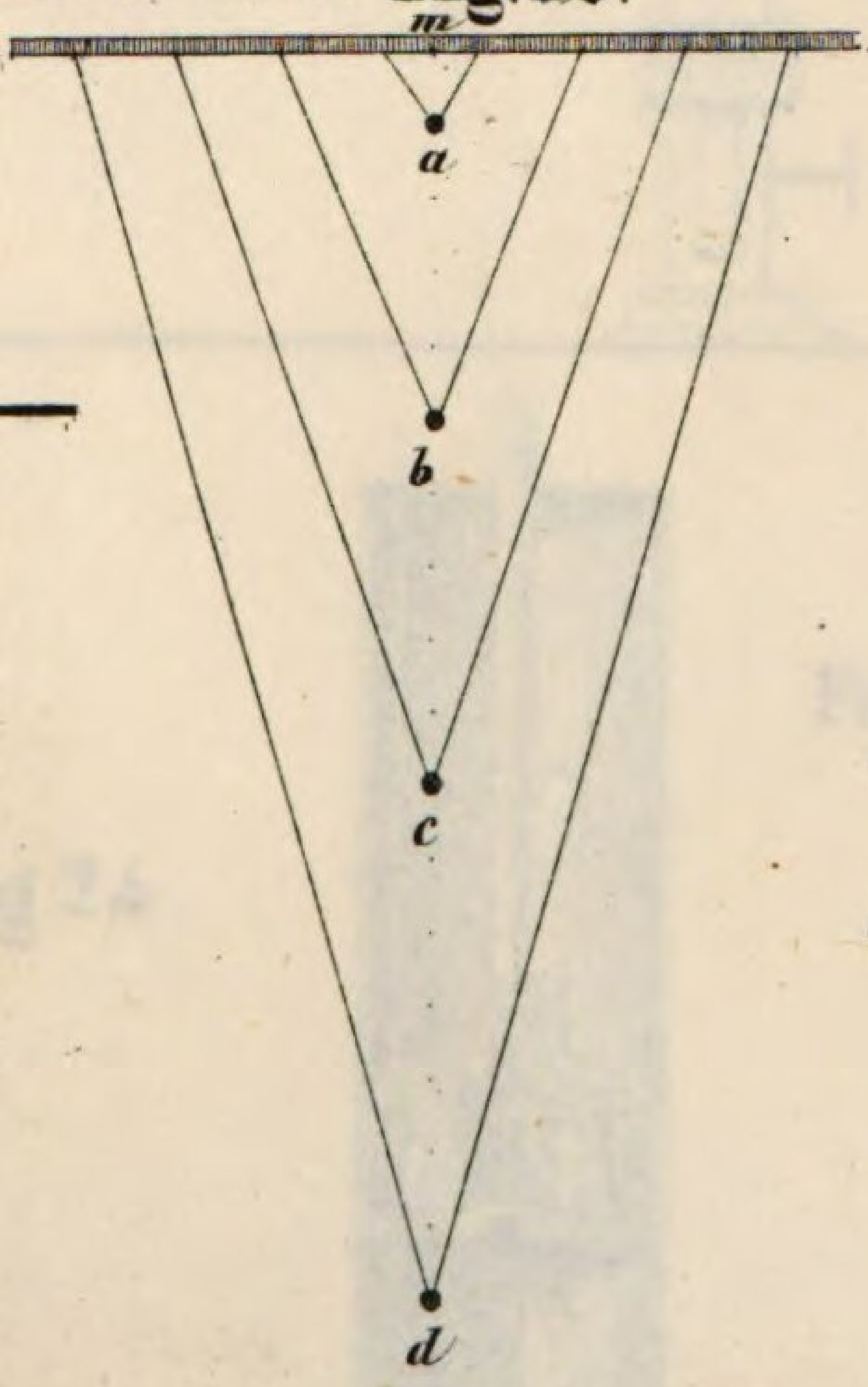


Fig. 10.

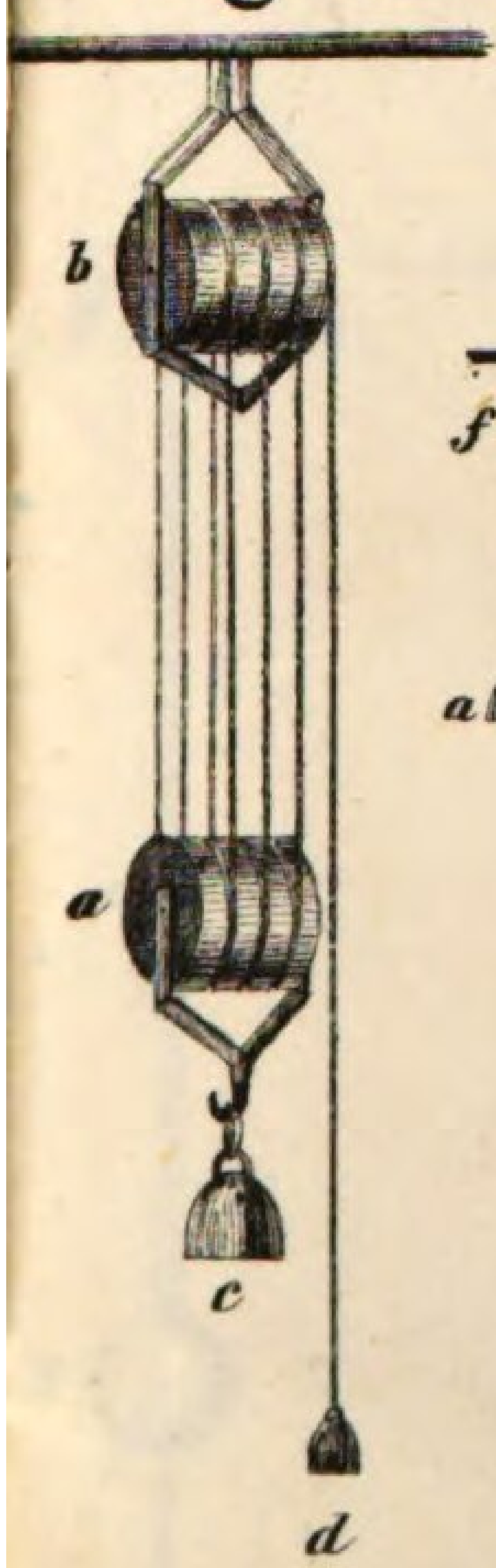


Fig. 11.



Fig. 13.

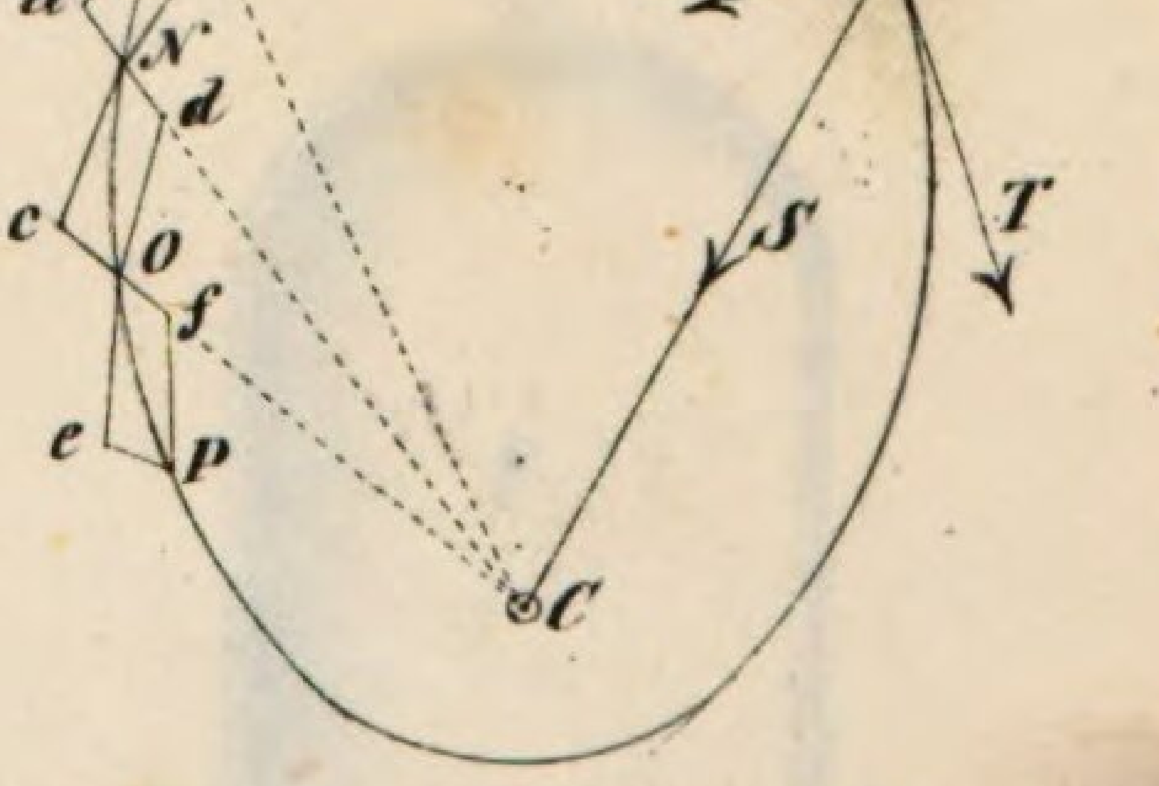


Fig.14.

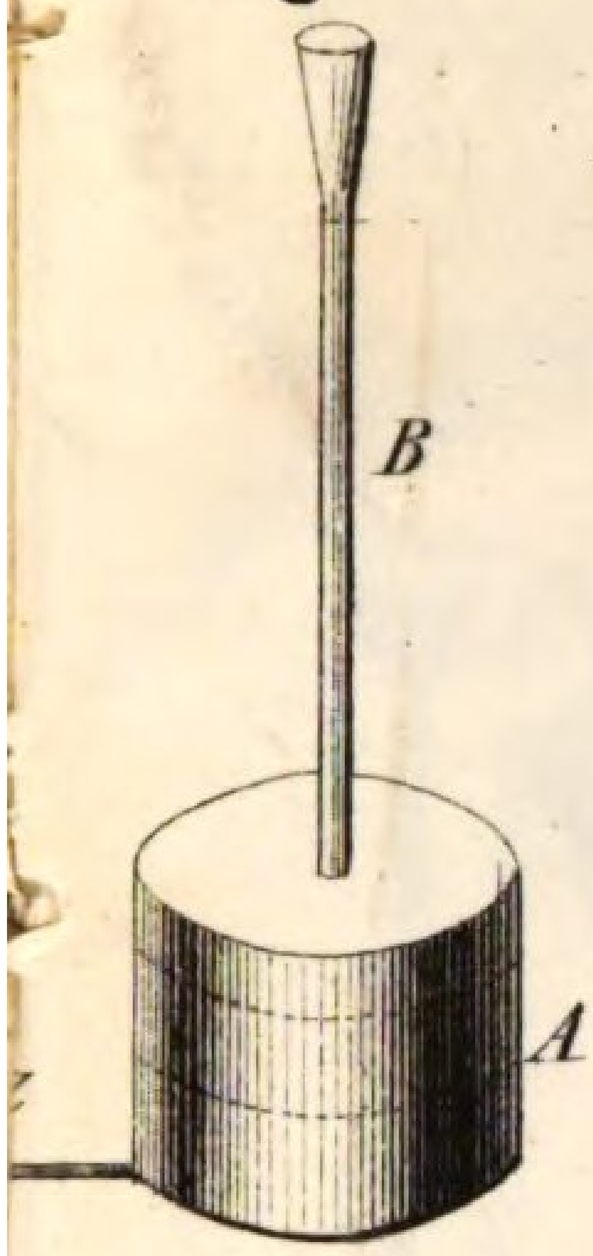


Fig.15.

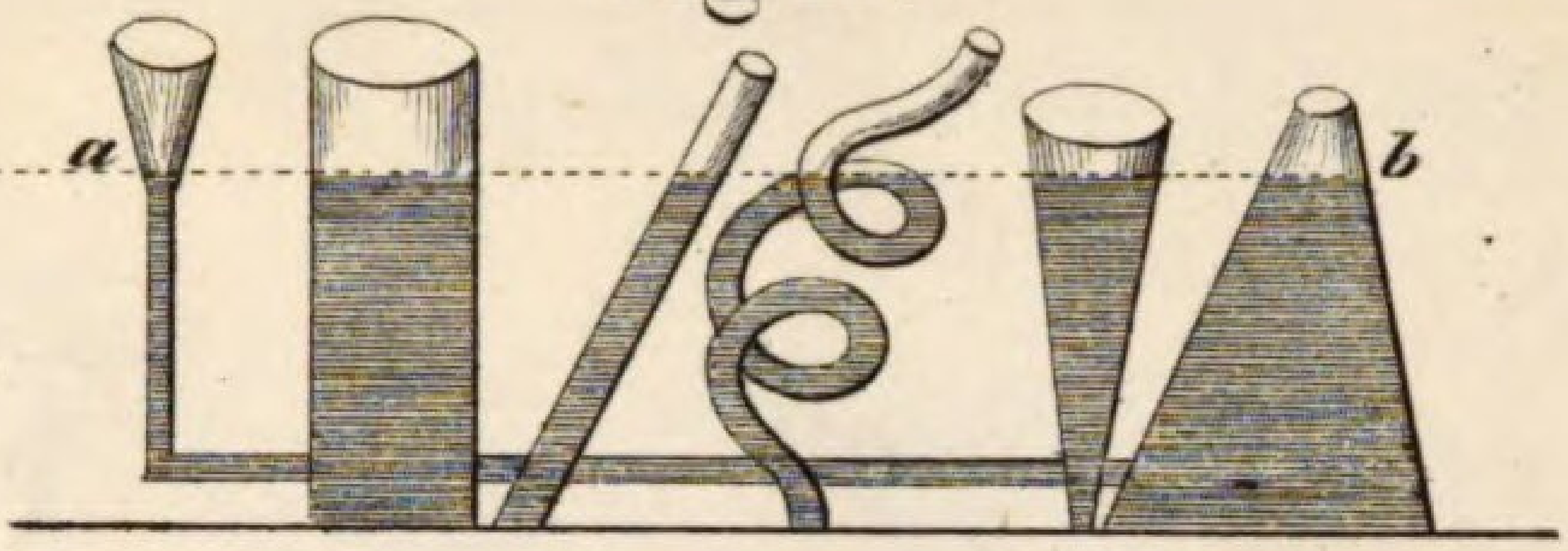


Fig 16

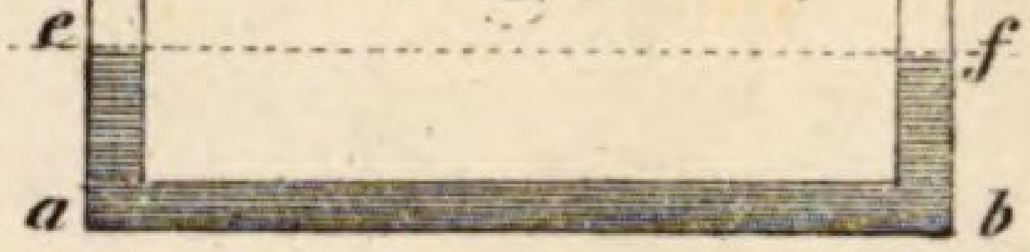


Fig.2
20

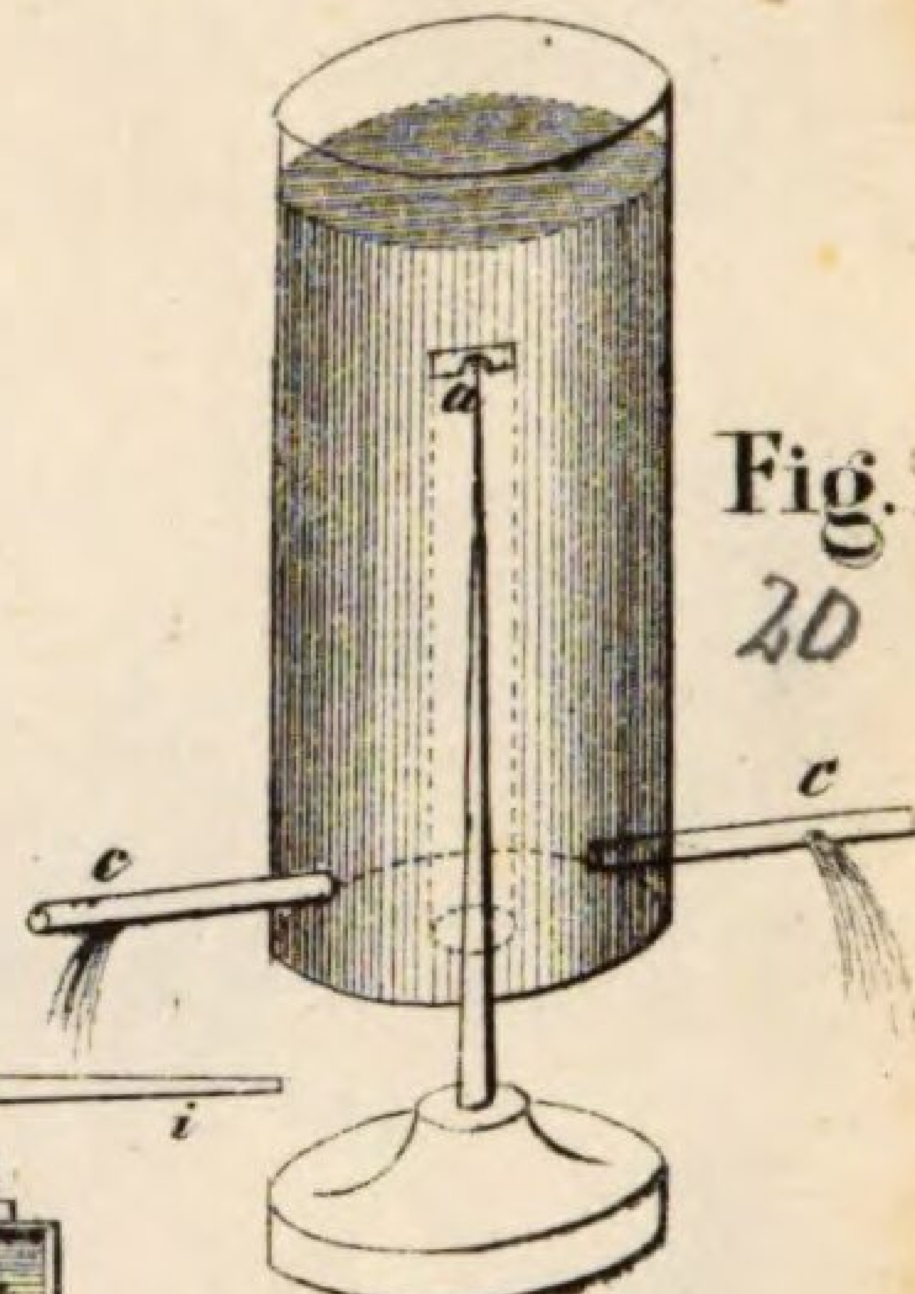


Fig.17.

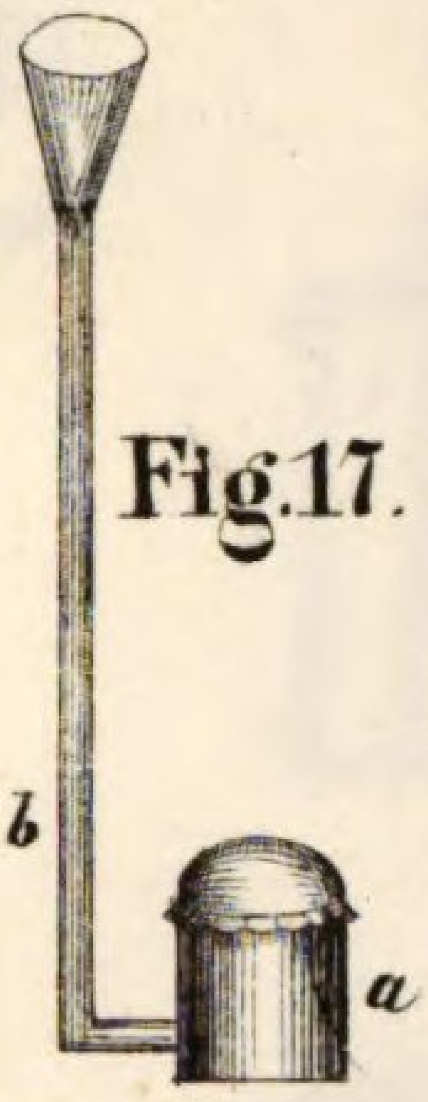


Fig.18.

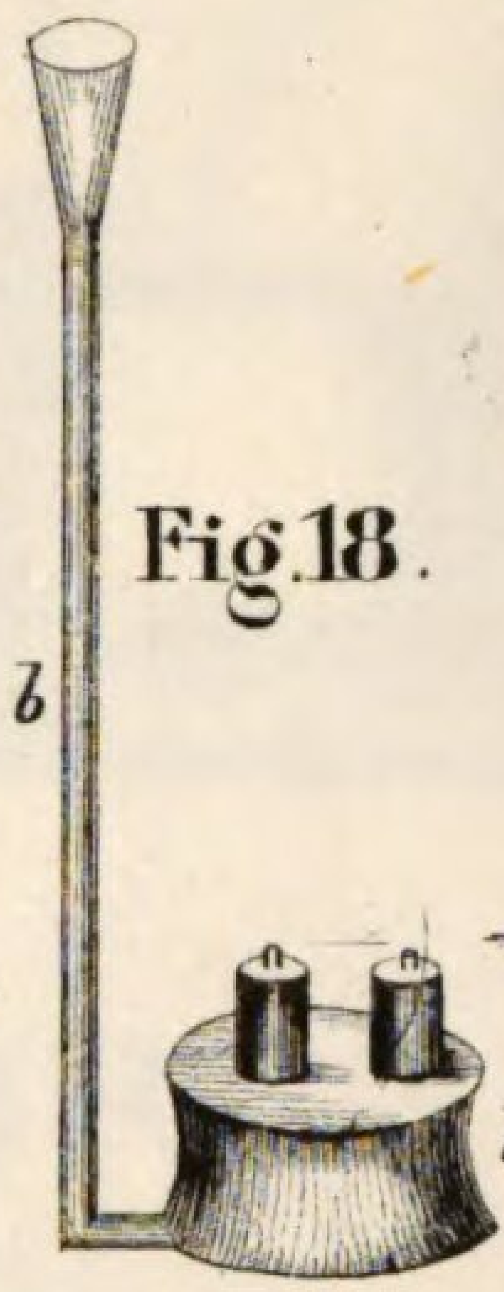


Fig.19.

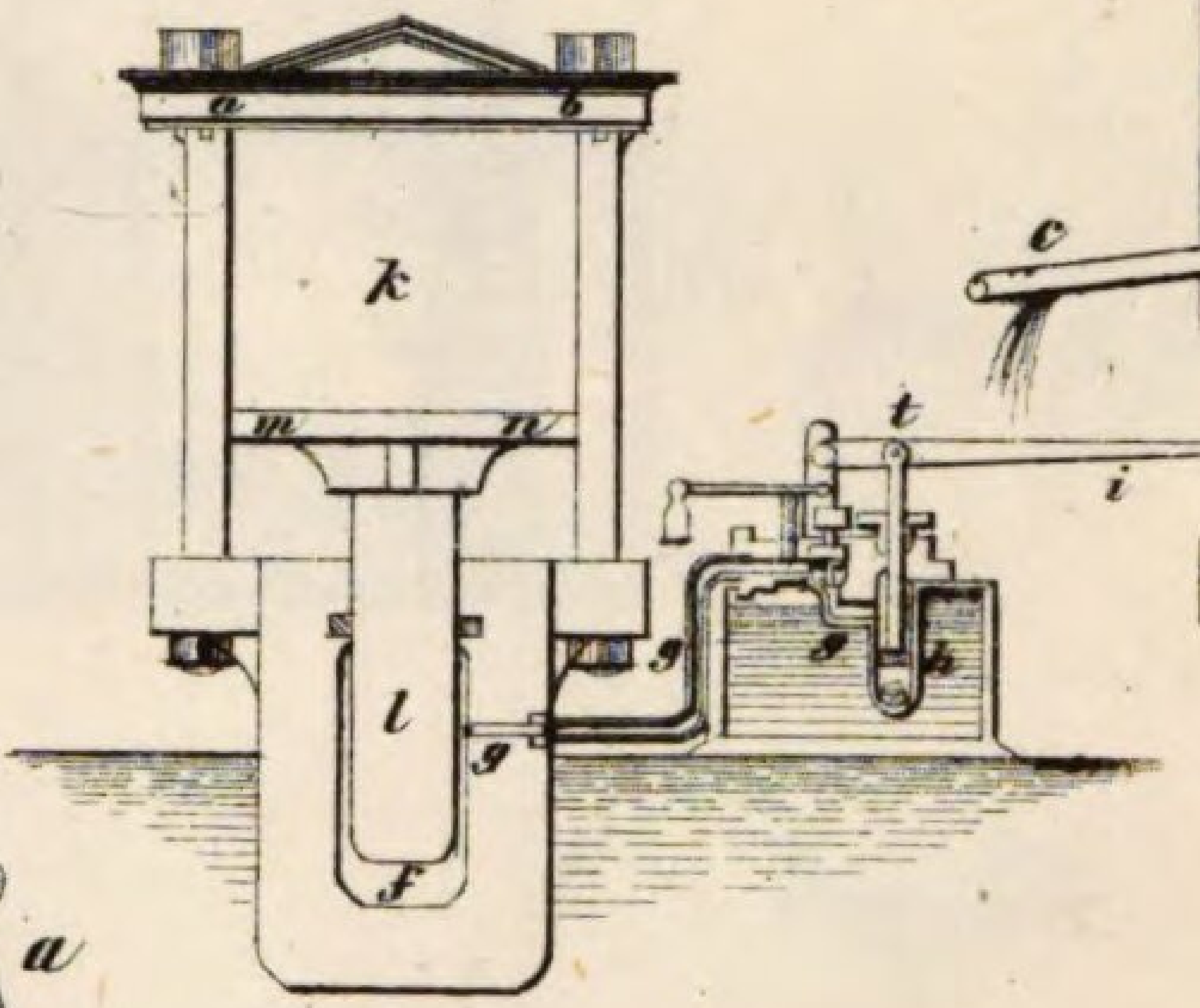


Fig 21

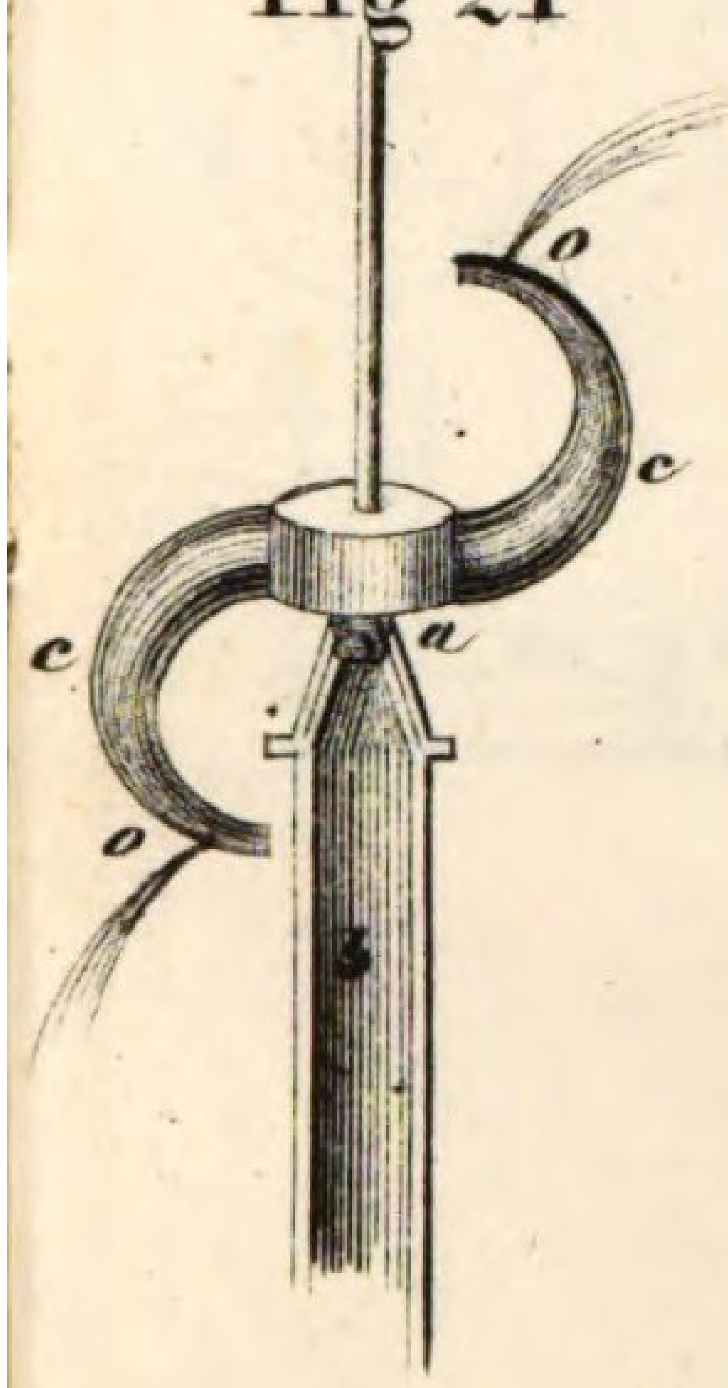


Fig 22

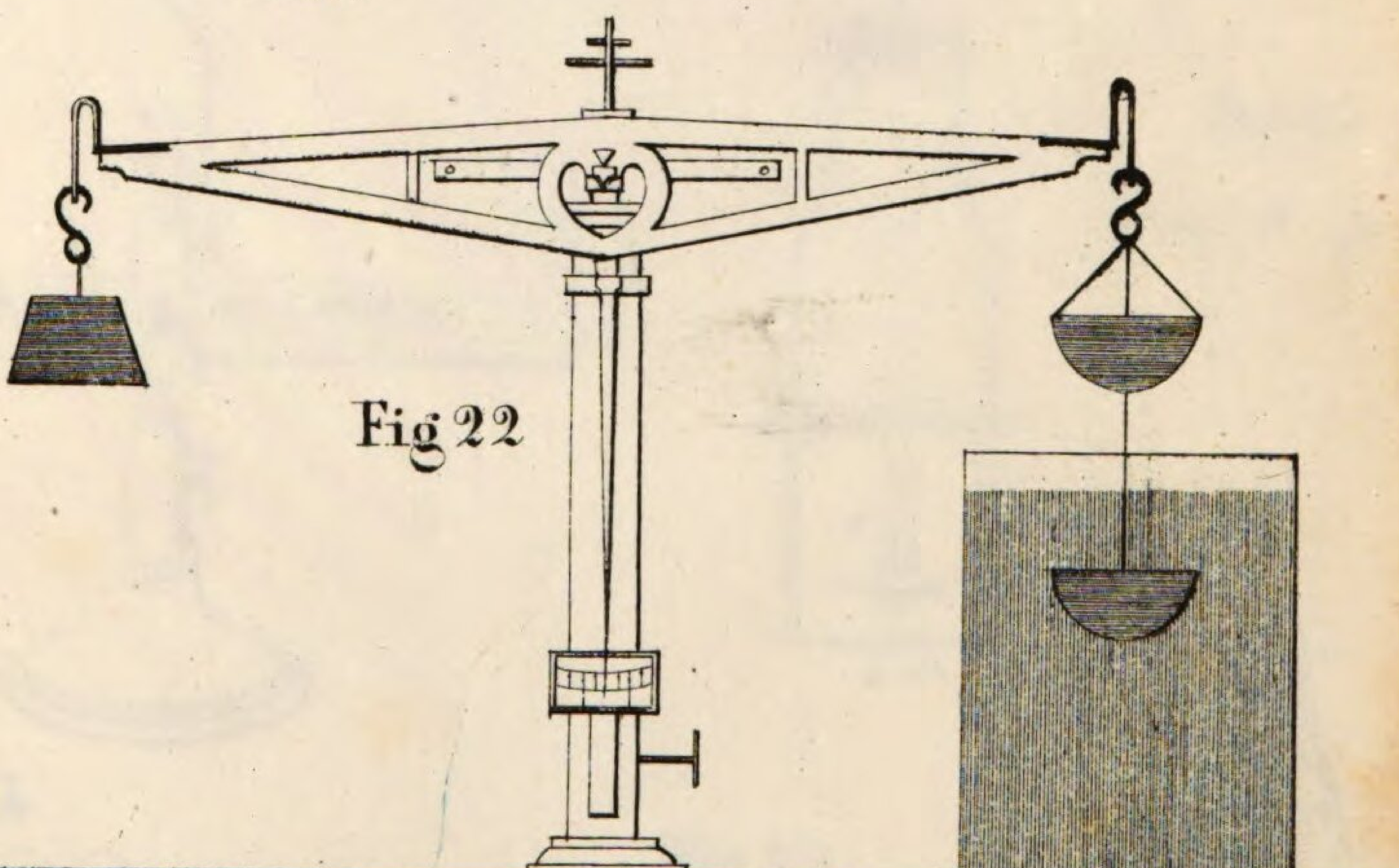


Fig.23.

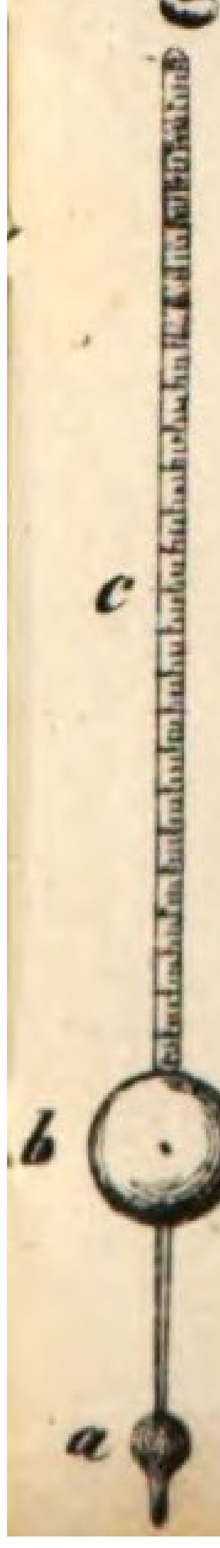


Fig.24.

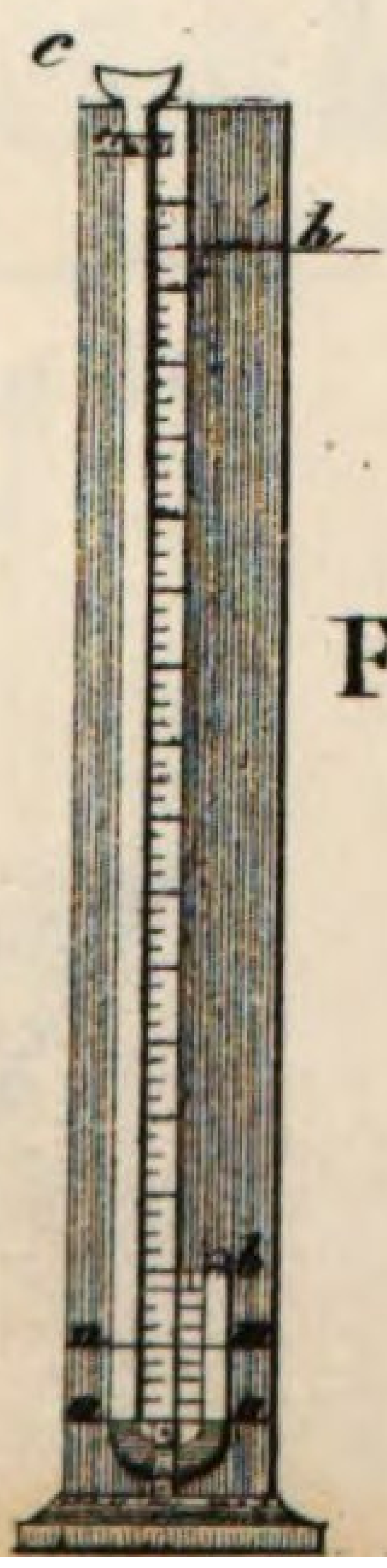


Fig. 25.

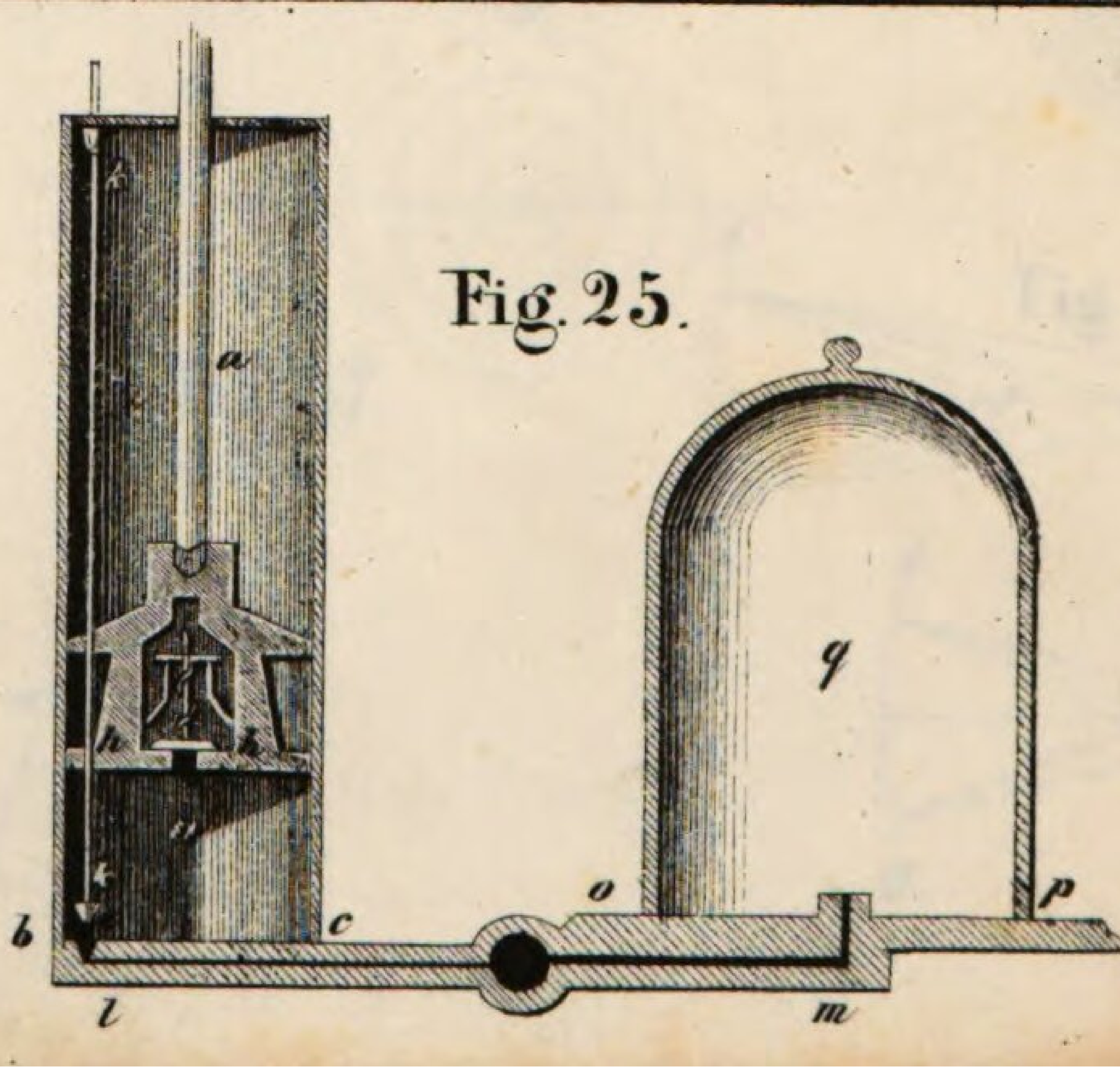


Fig. 26.

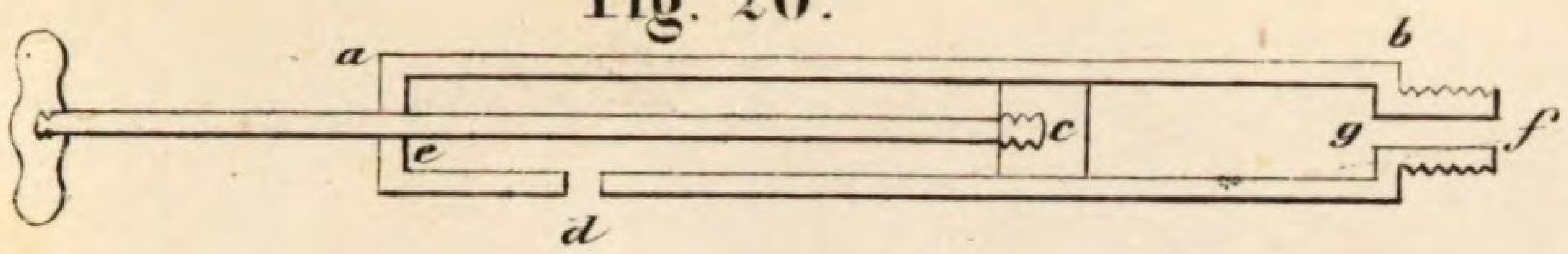


Fig. 27

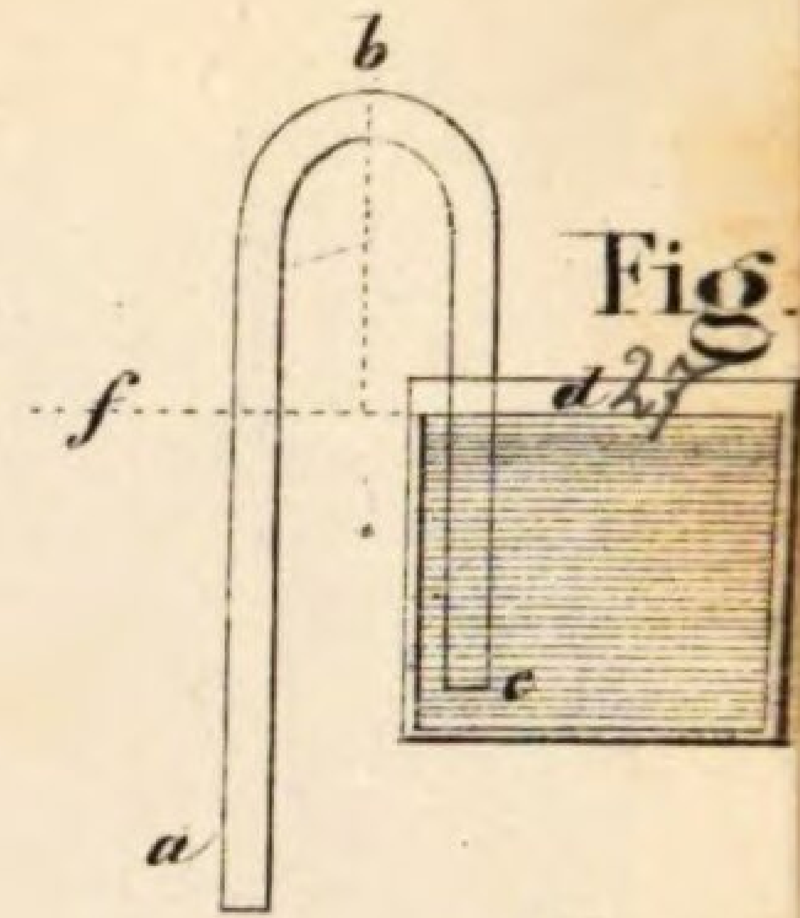


Fig. 28.

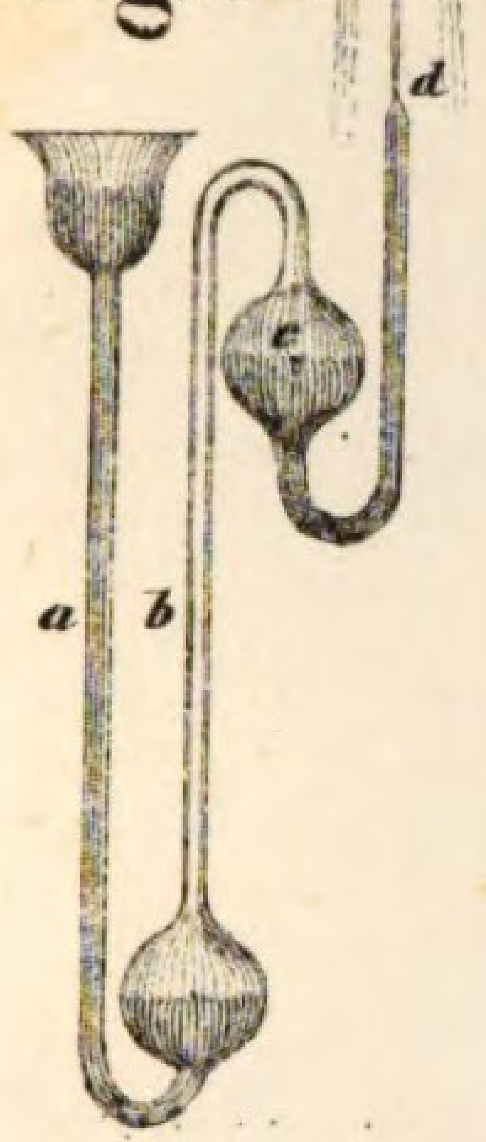


Fig. 29.

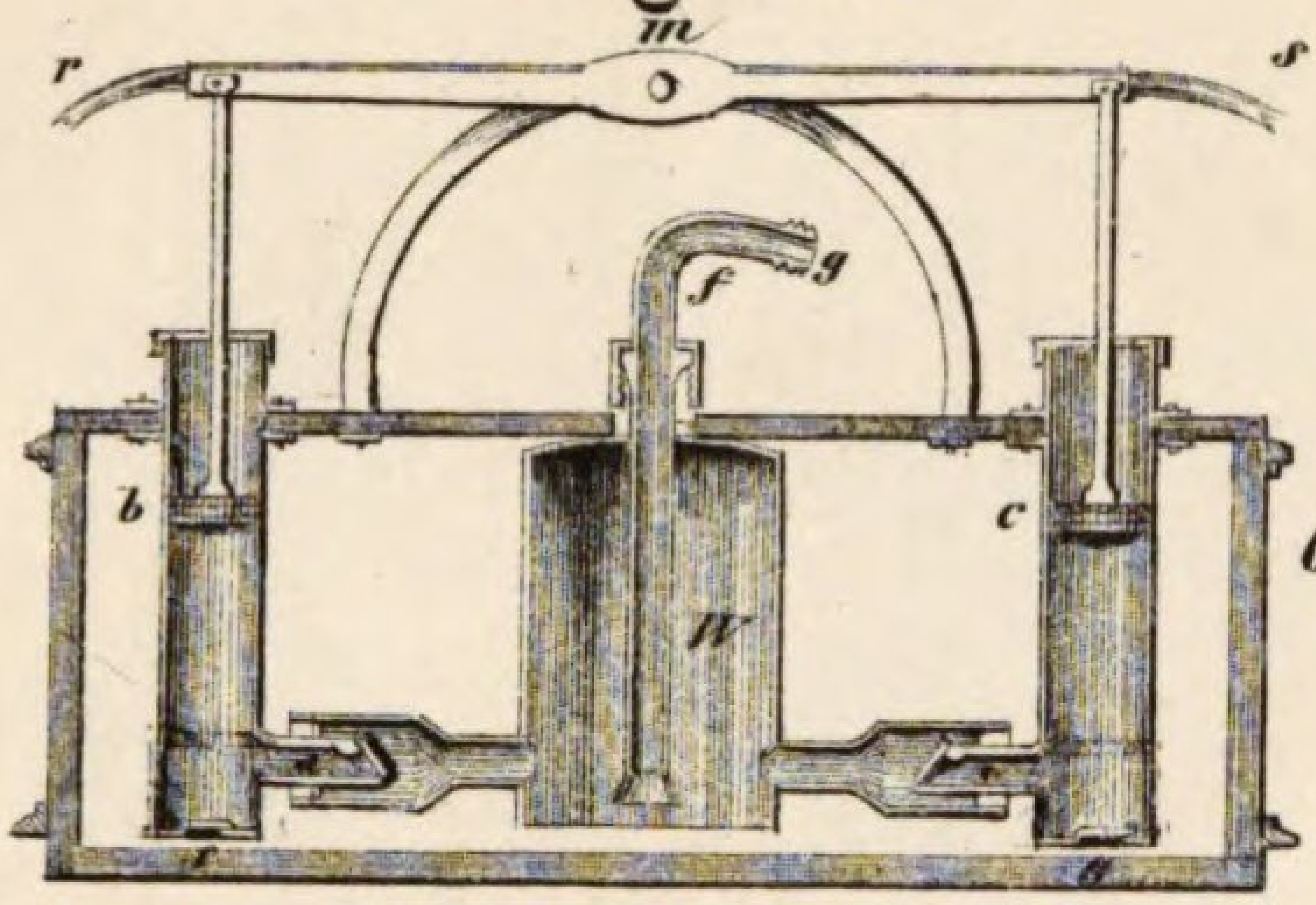


Fig. 30.

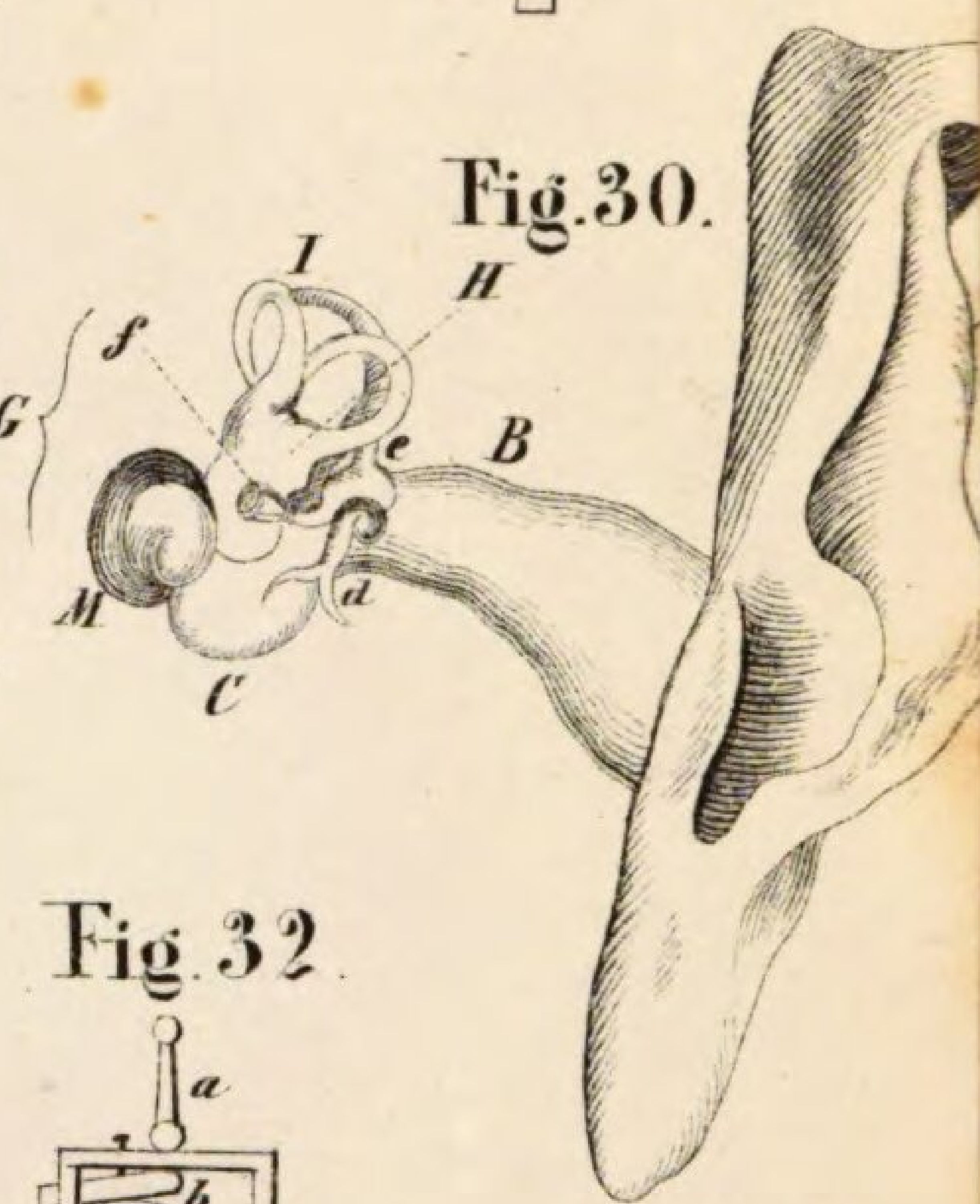


Fig. 31.

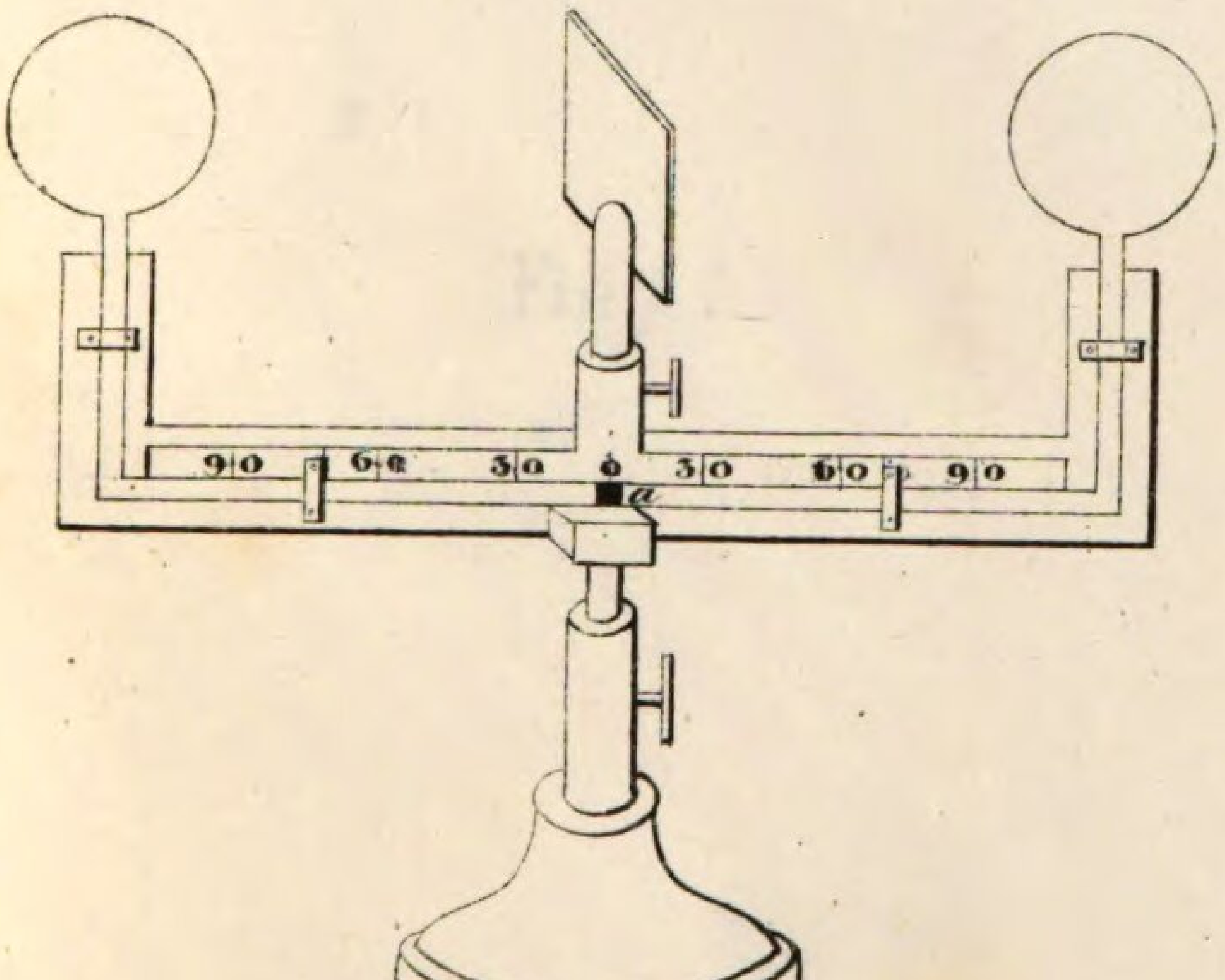


Fig. 32.

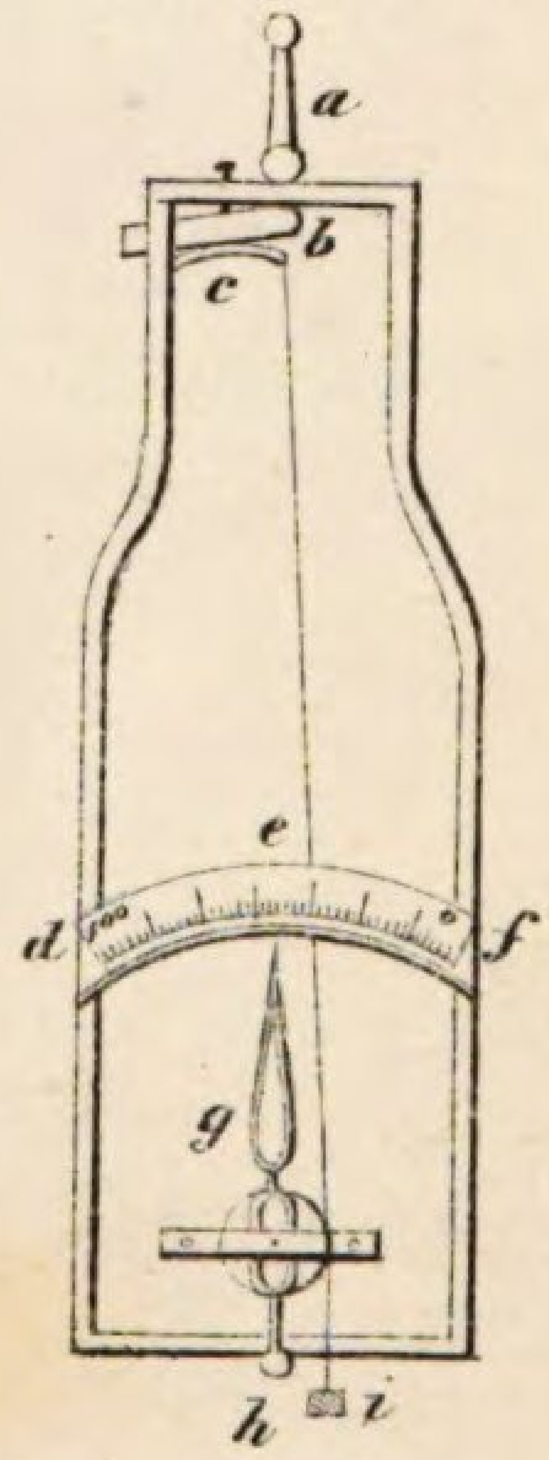


Fig. 33

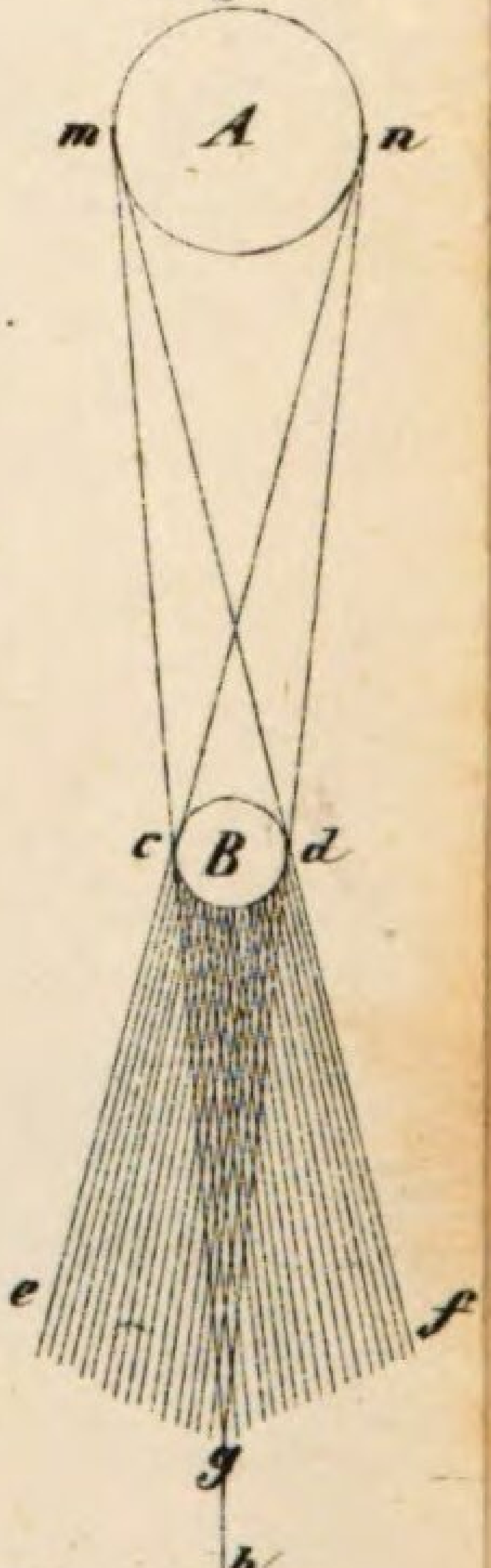


Fig. 34.

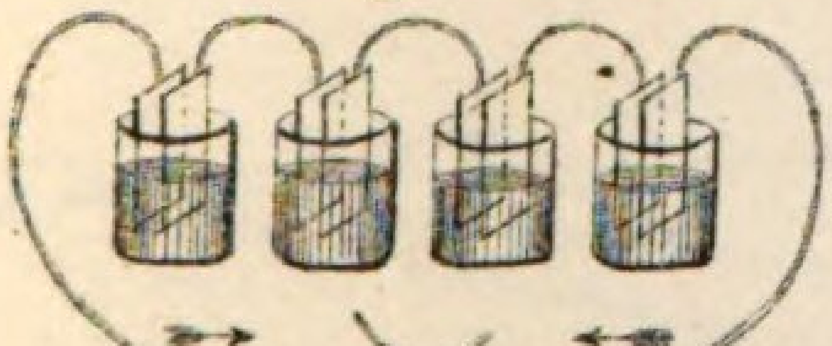


Fig. 35.

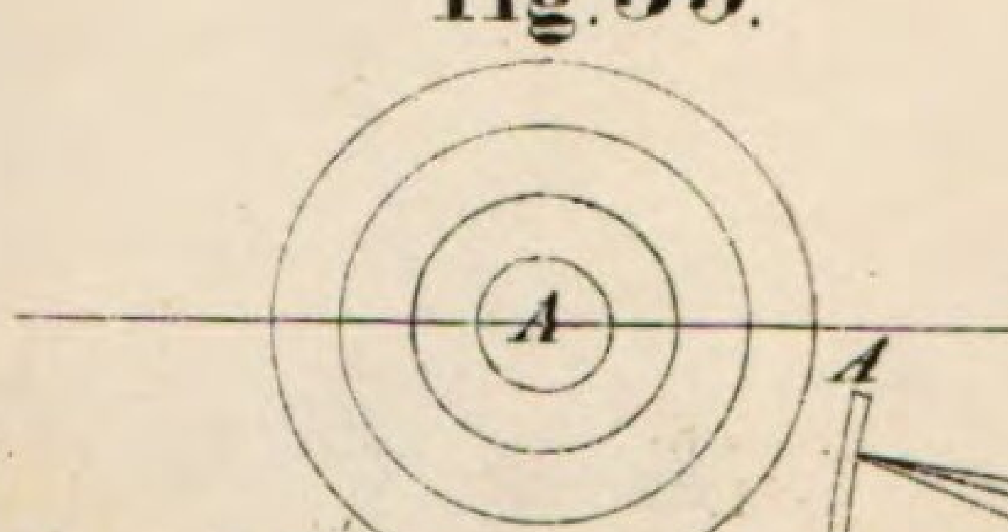


Fig. 36.

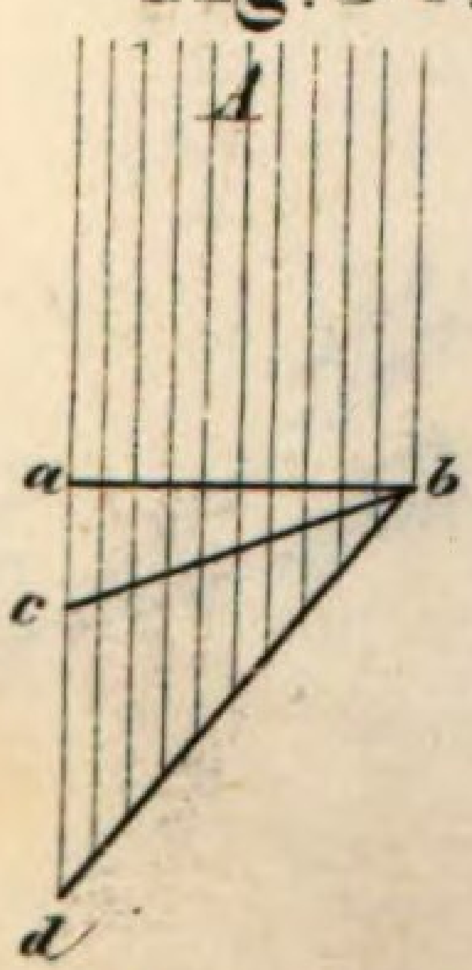


Fig. 37.

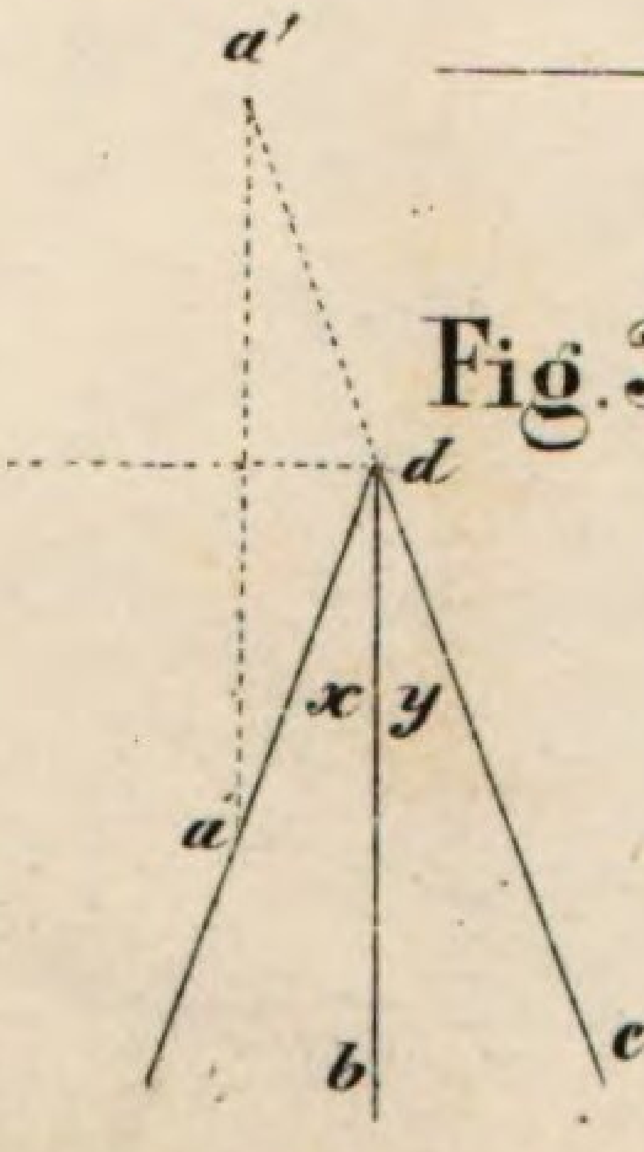


Fig. 38.

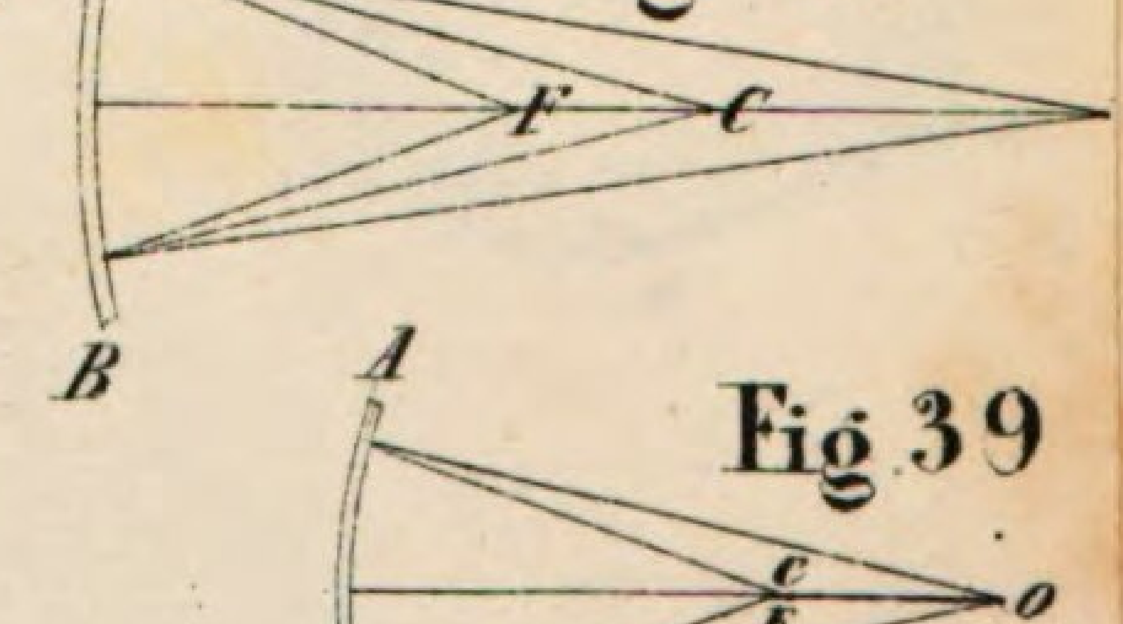


Fig. 39



Fig. 40.

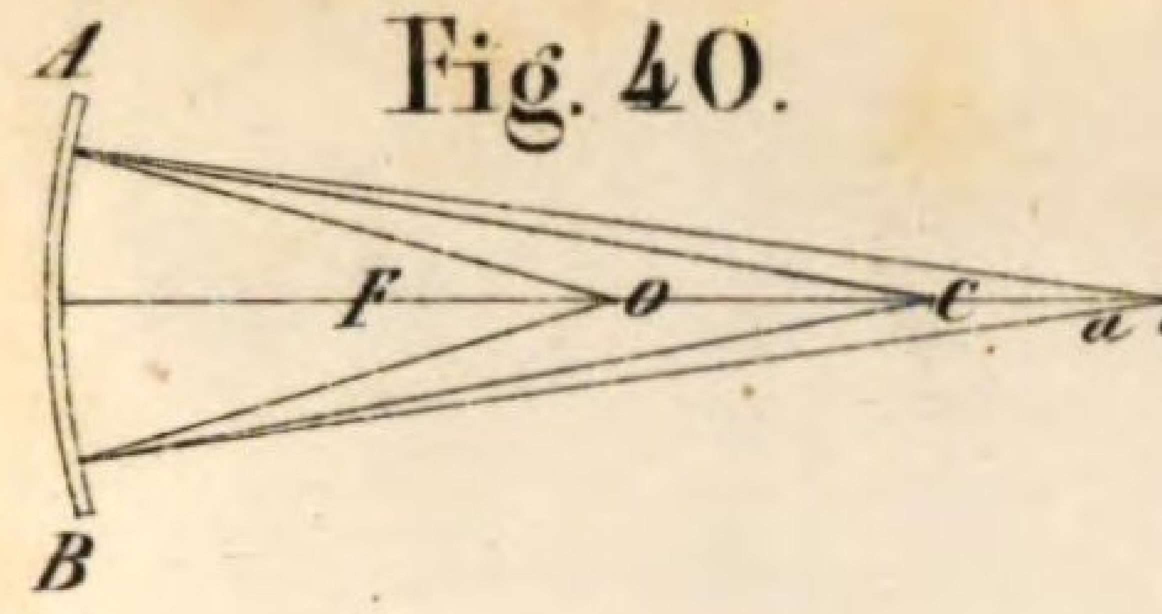


Fig. 41.

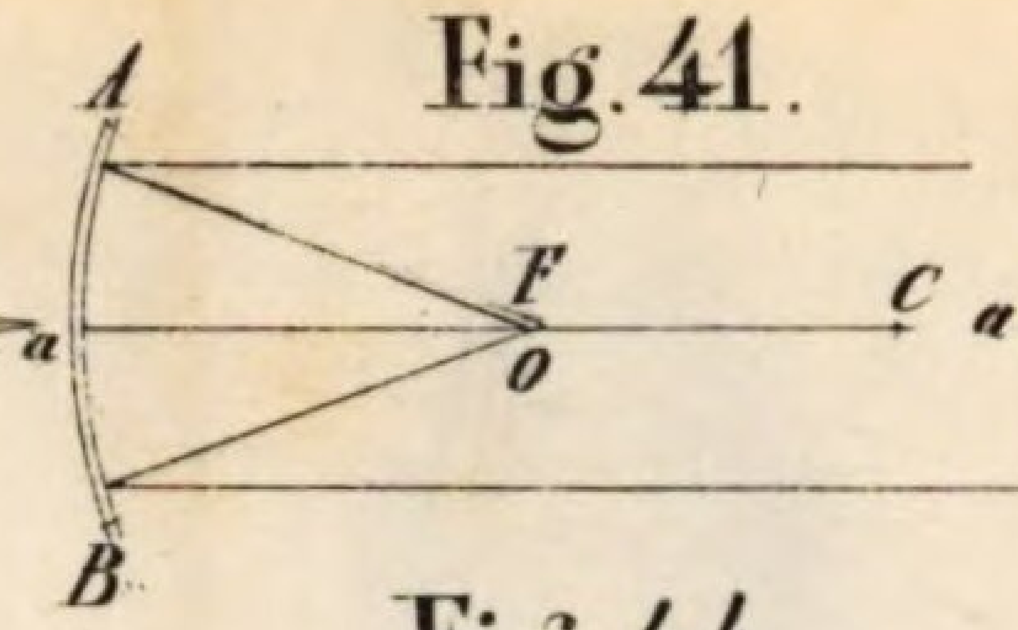


Fig. 42.

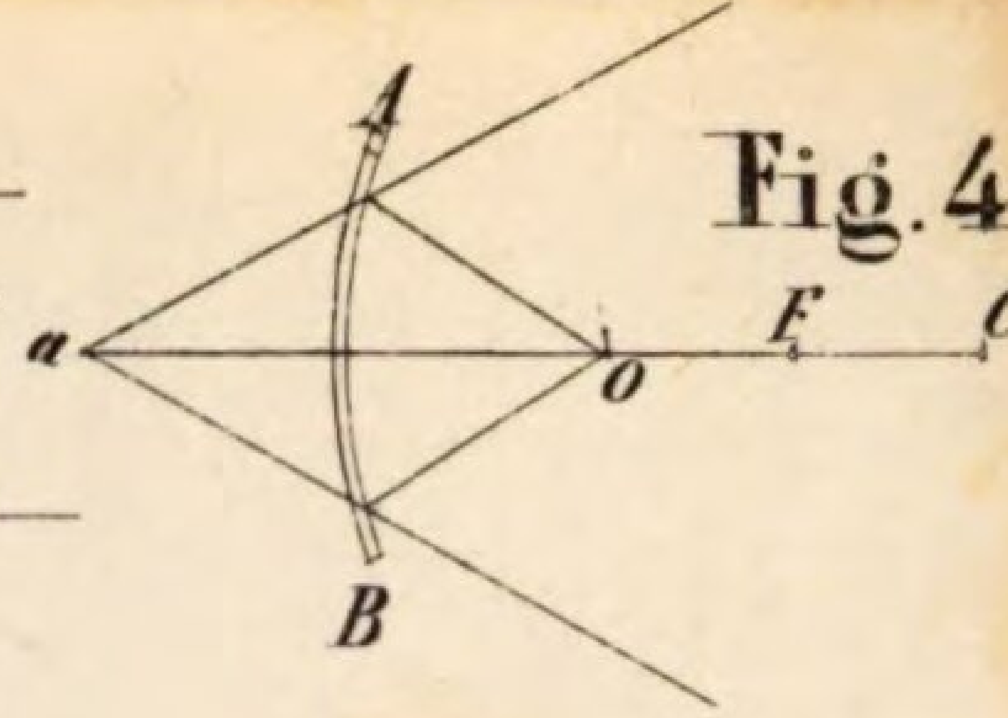


Fig. 43.

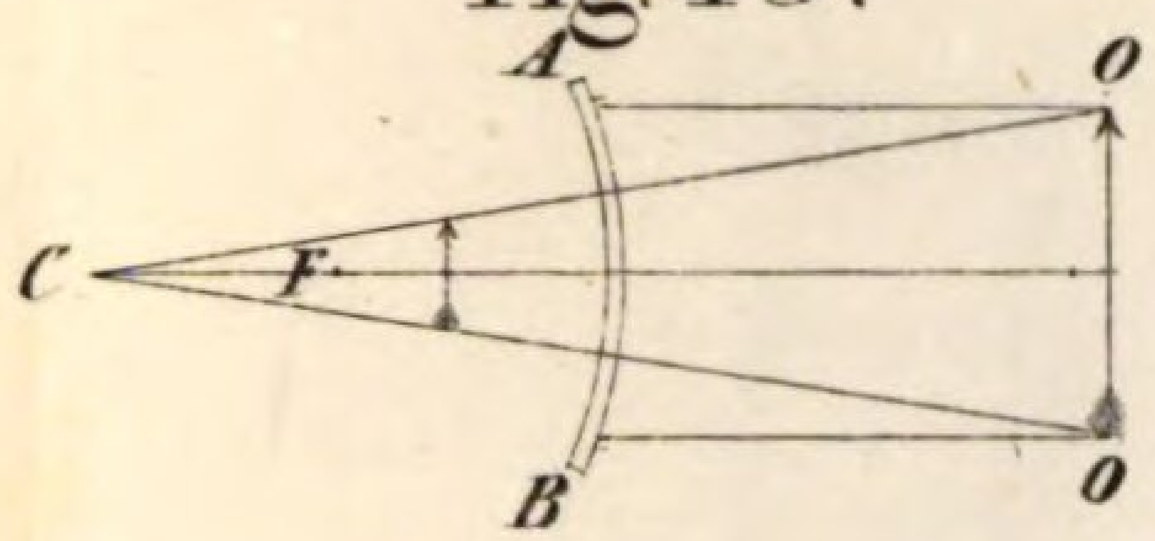


Fig. 44.

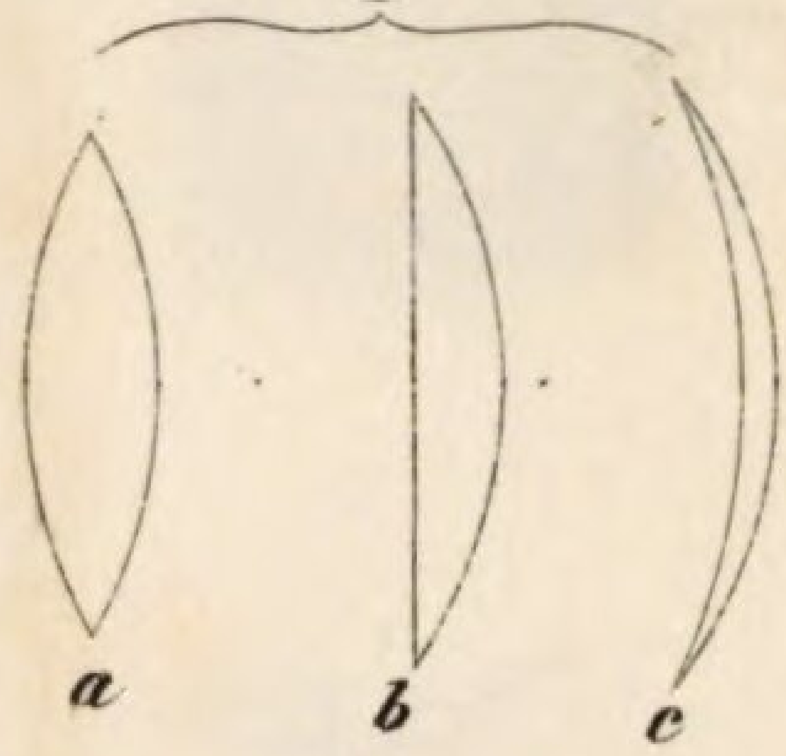


Fig. 45.

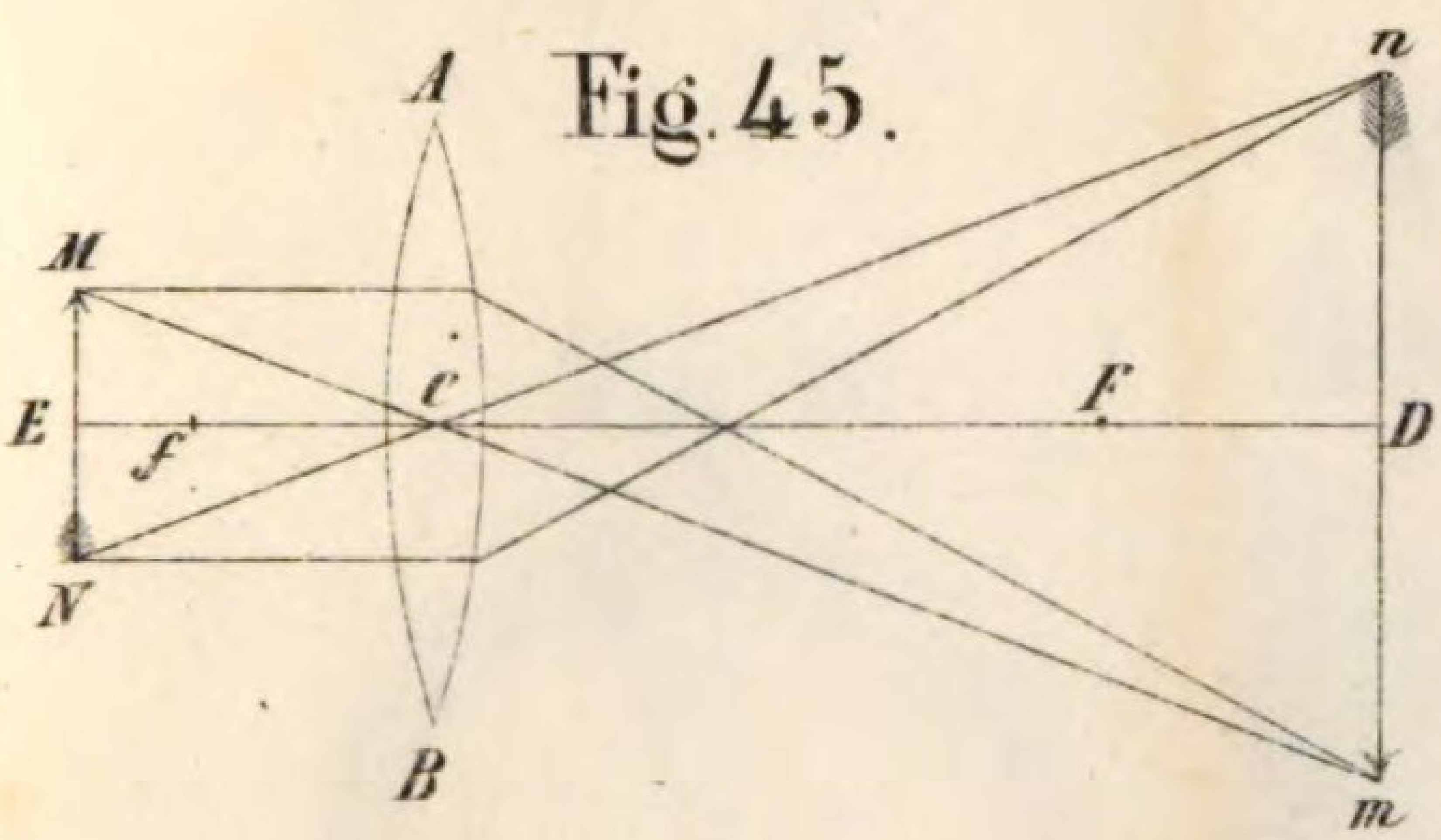


Fig. 46.

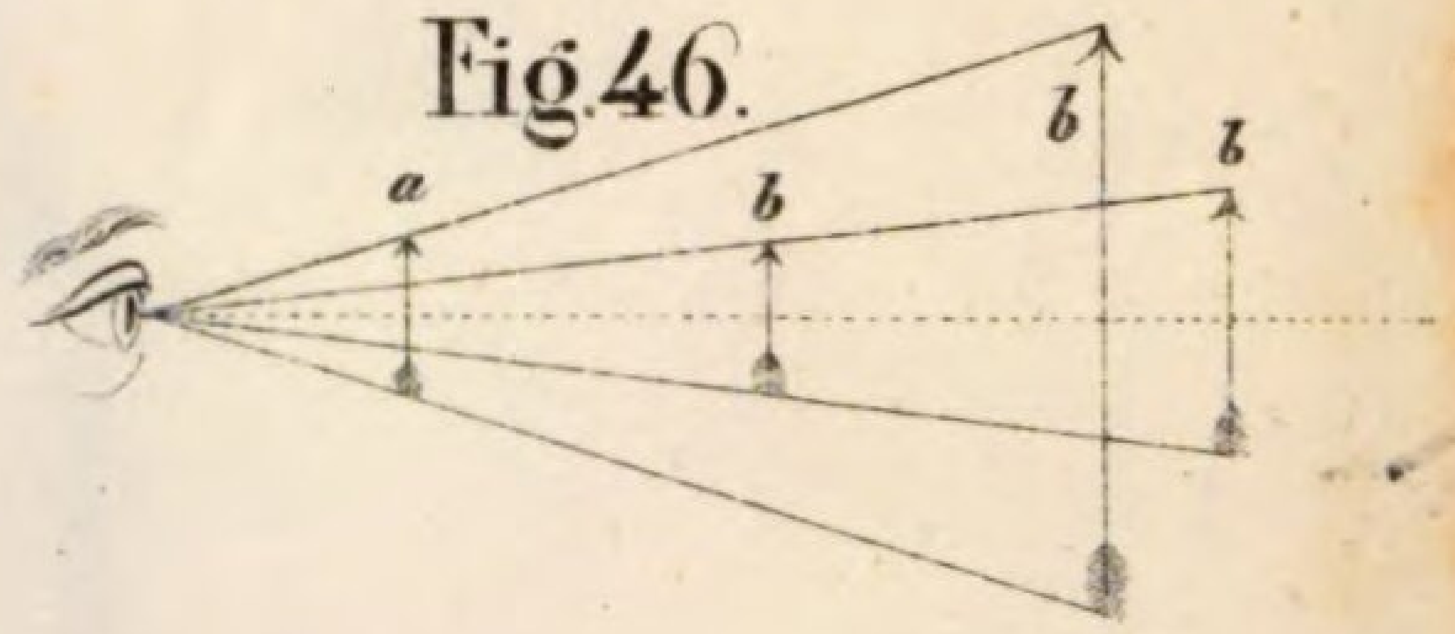


Fig. 47.

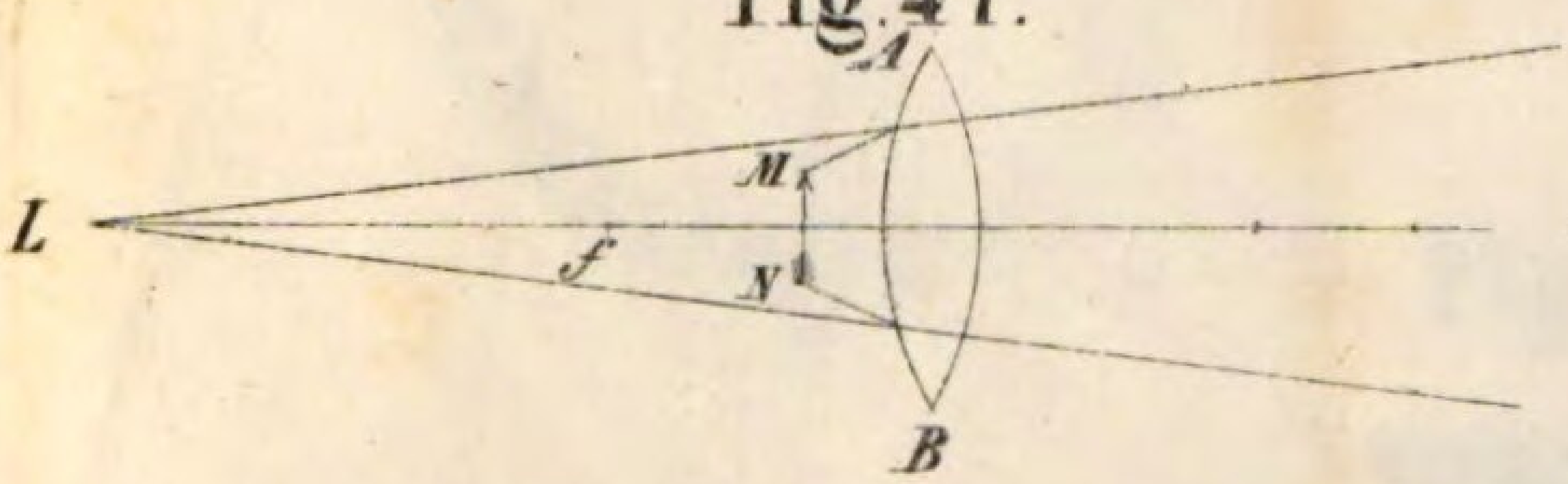


Fig. 48.

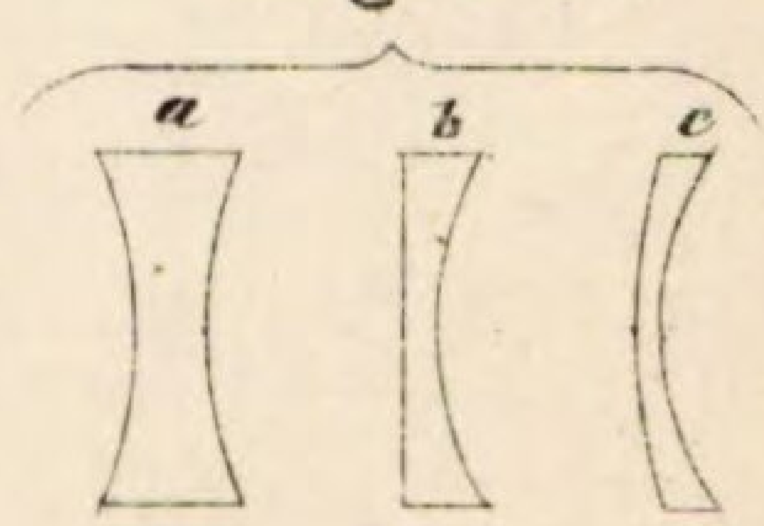


Fig. 49.

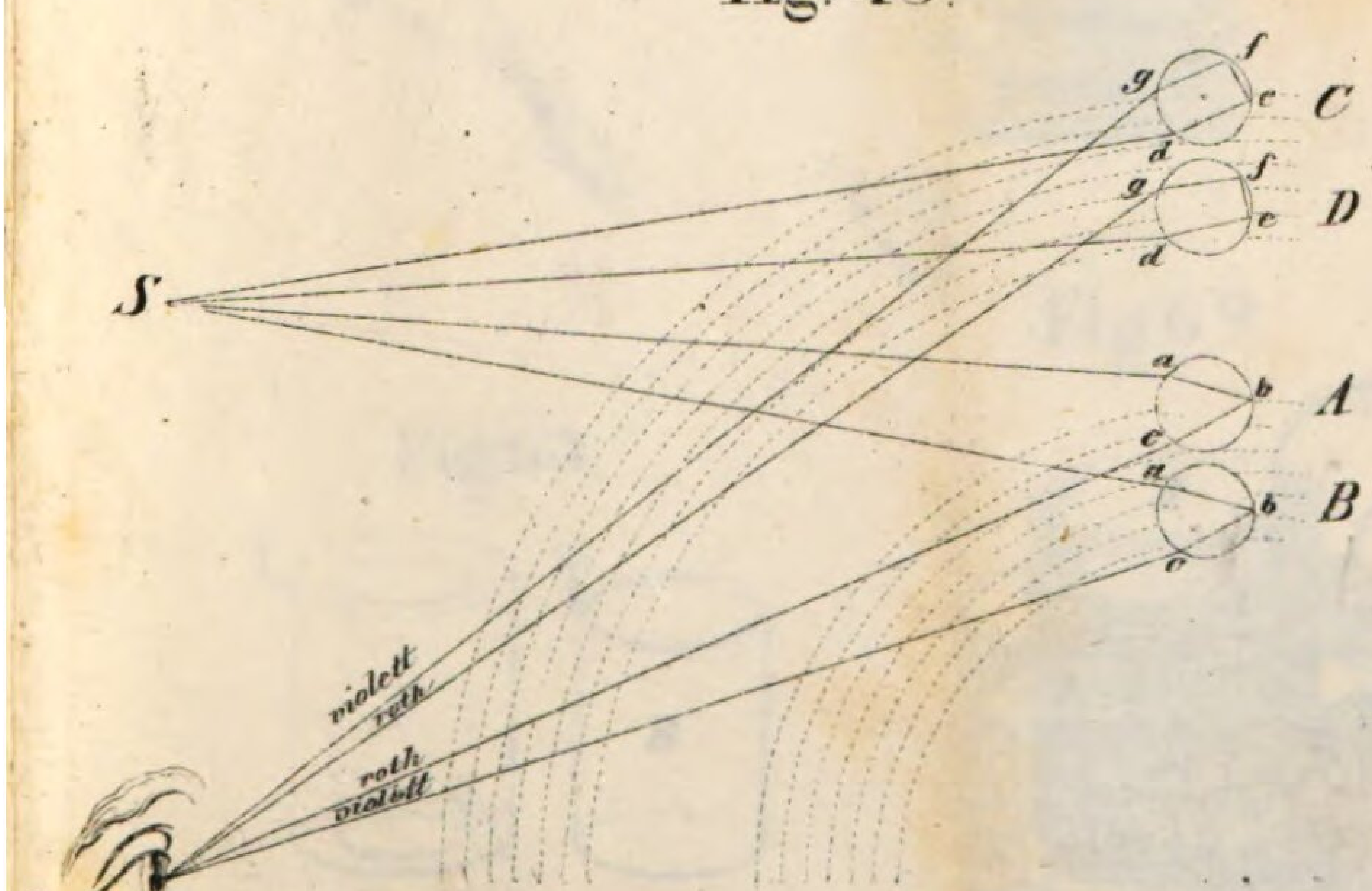


Fig. 50.

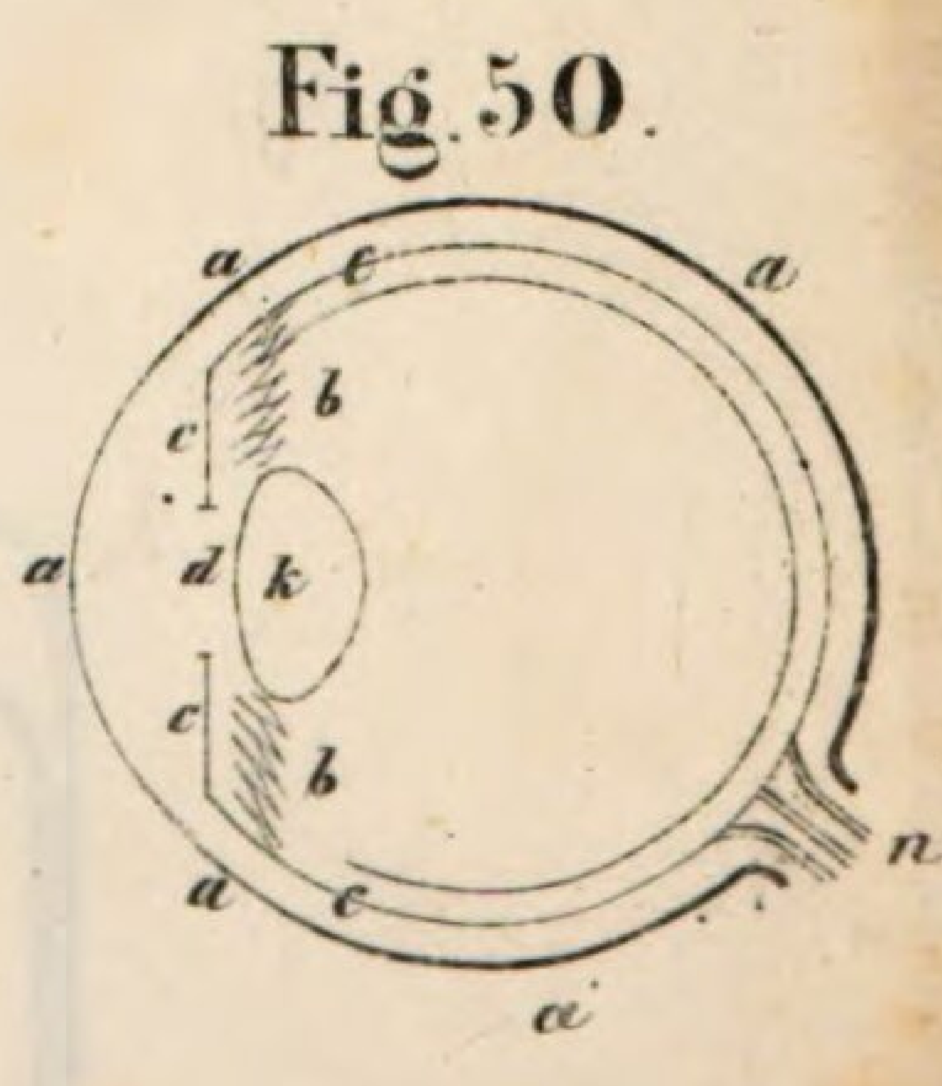


Fig.51.

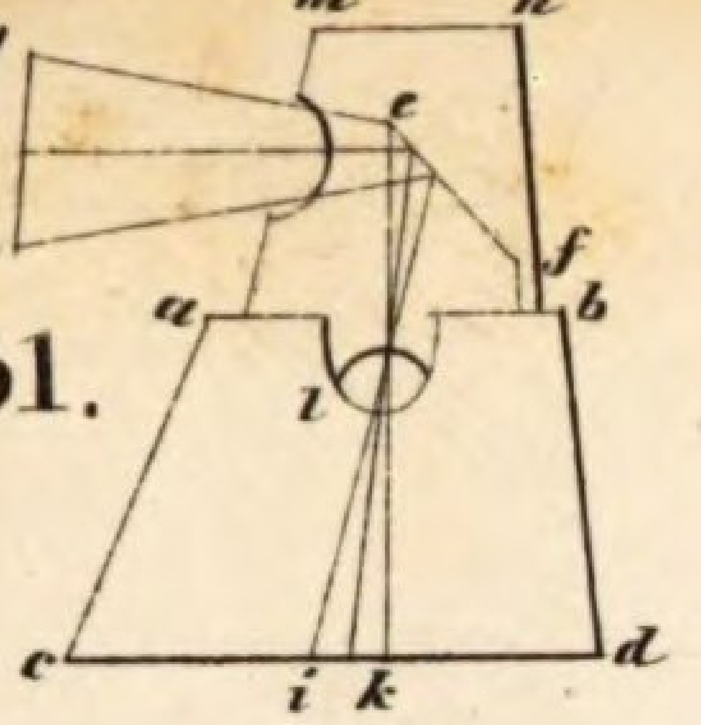


Fig.54.

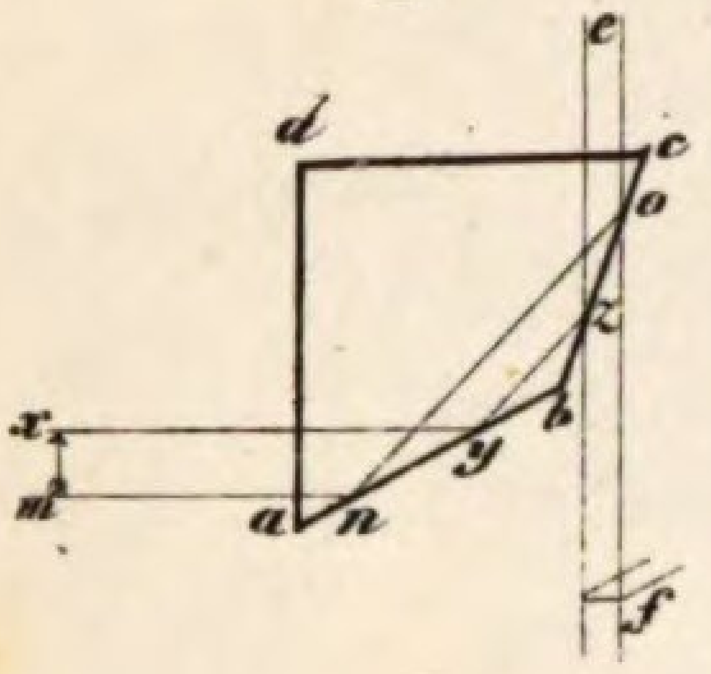


Fig. 57.

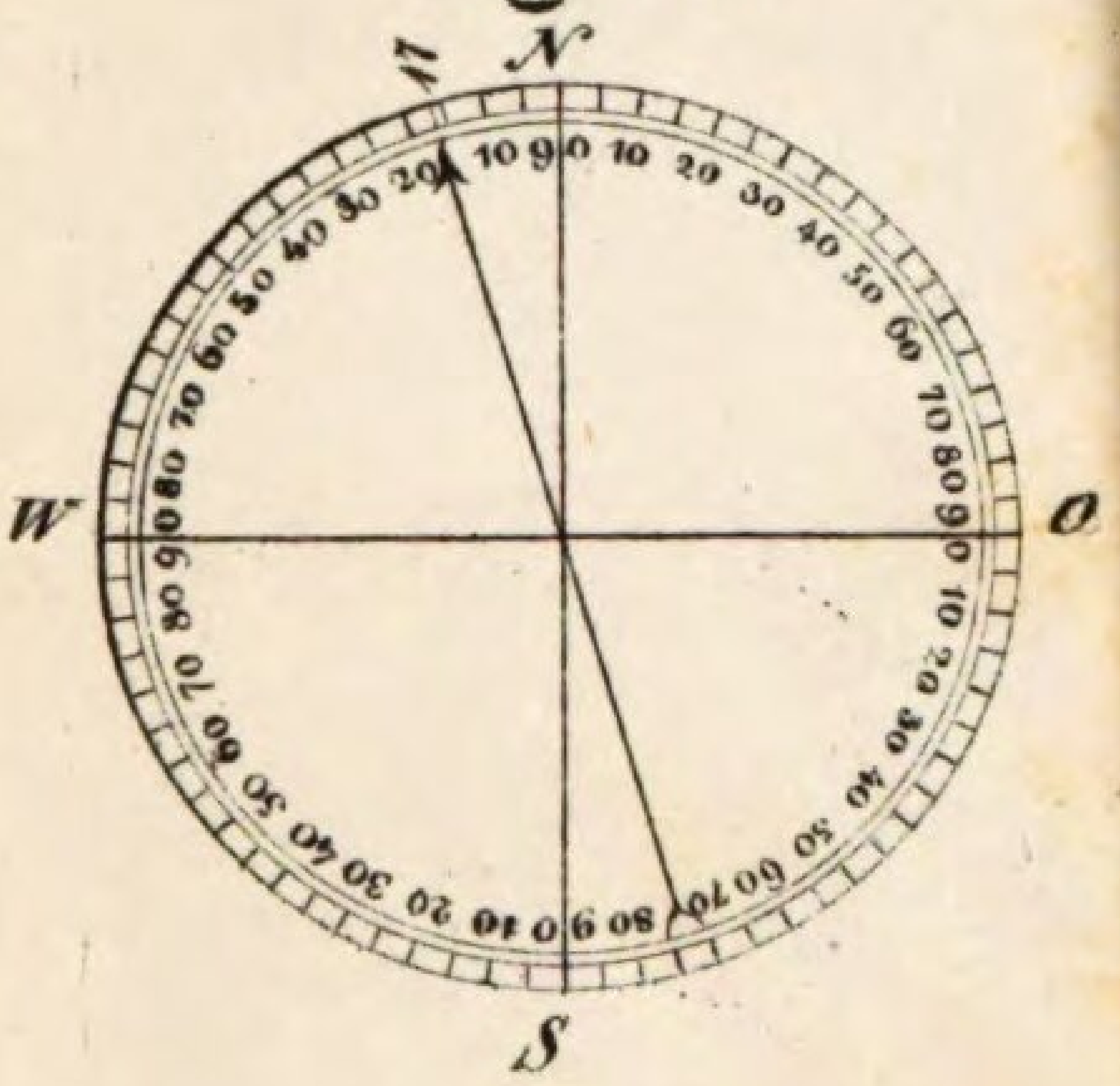
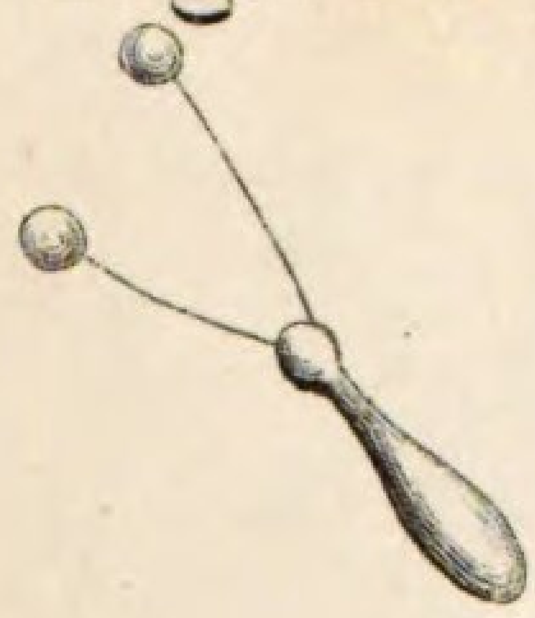


Fig.60.



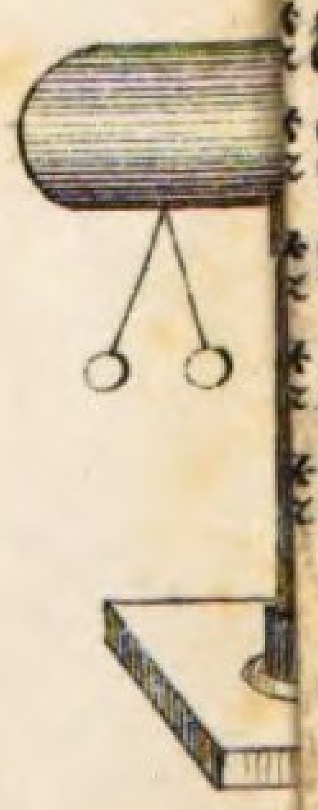


Fig.63.

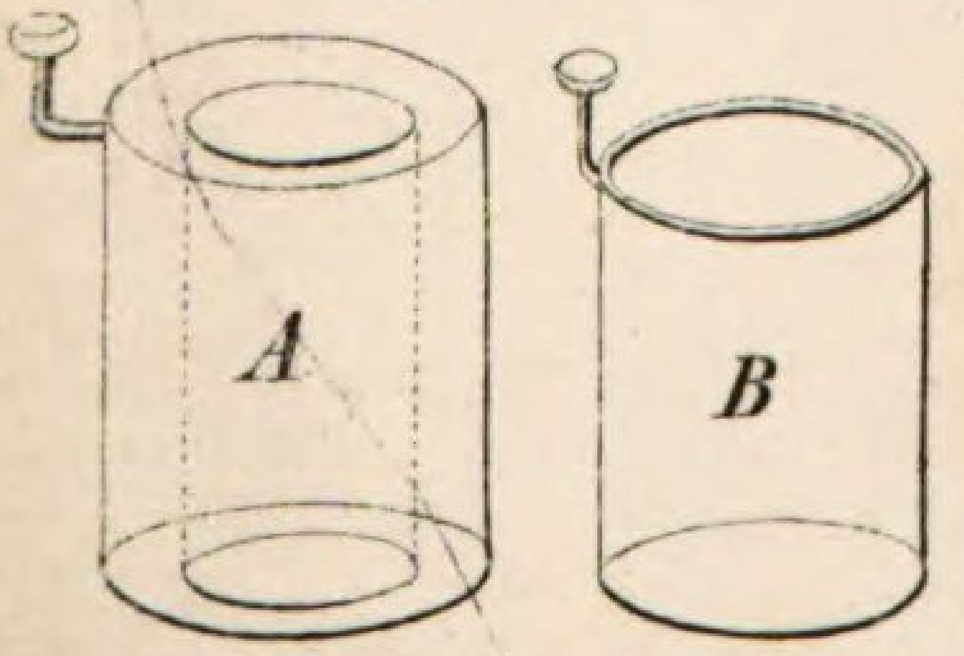


Fig 66.

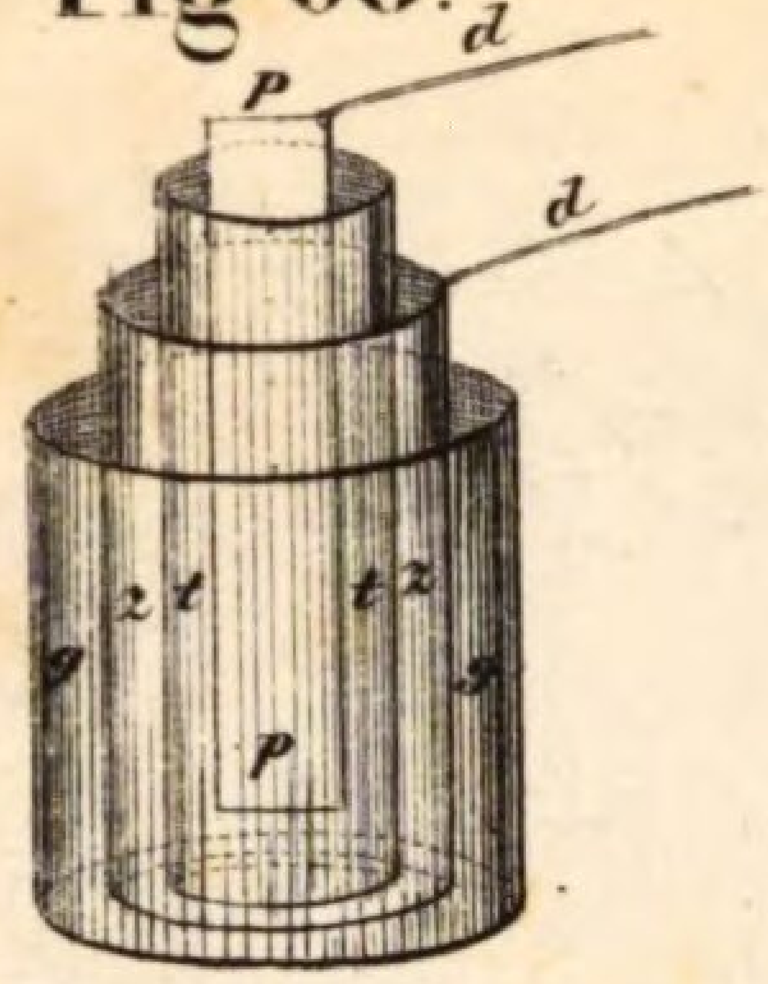


Fig.67.

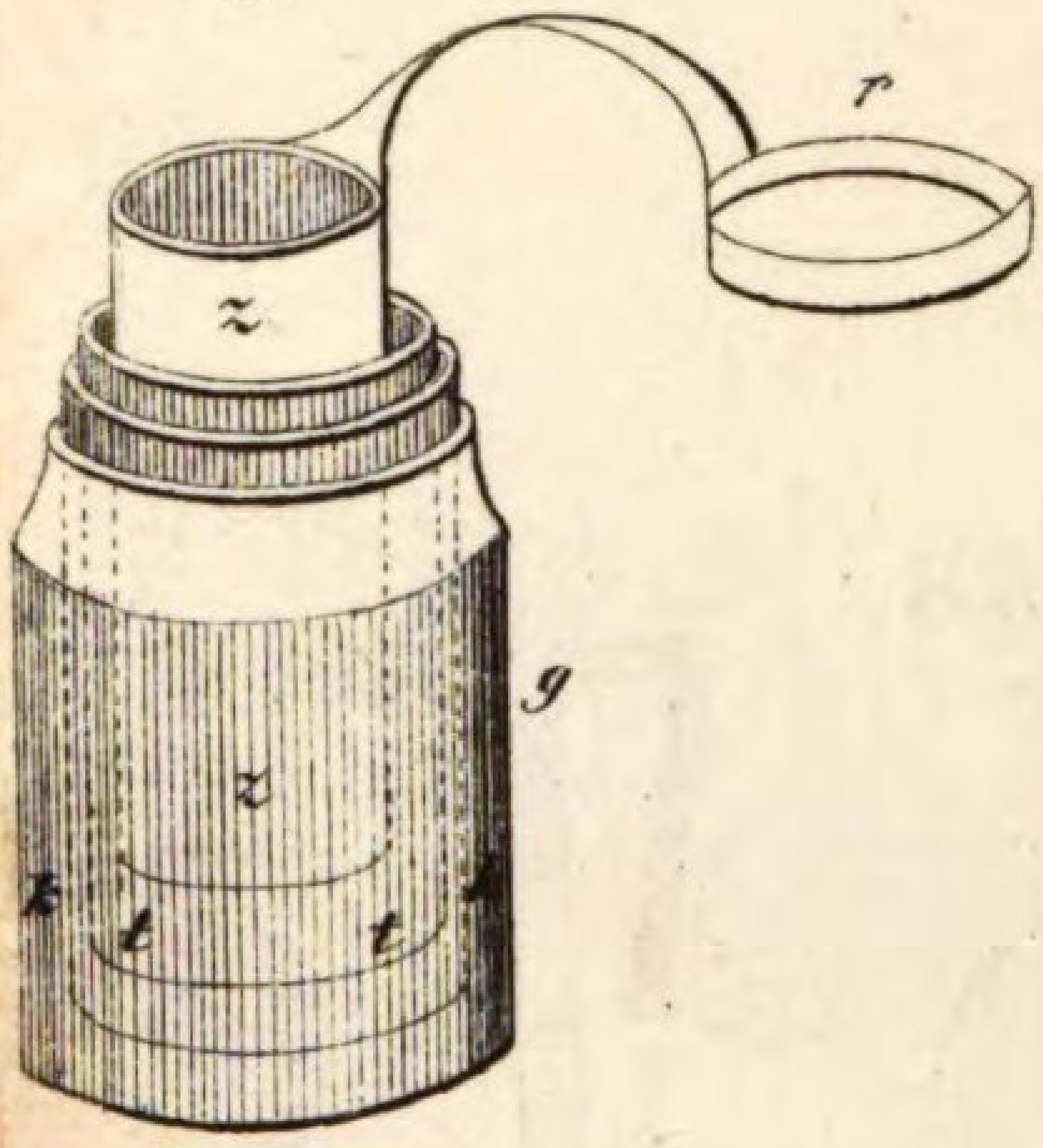


Fig.68.

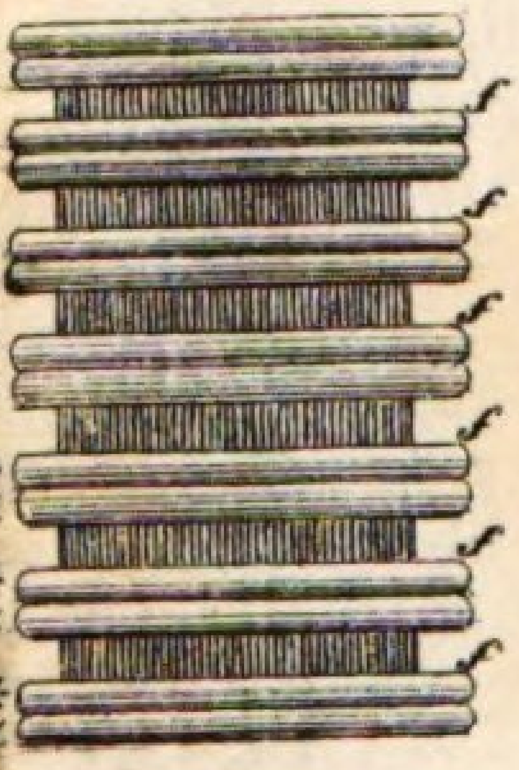


Fig.69.

